

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-335911

(43)Date of publication of application : 18.12.1998

(51)Int.Cl. H01P 5/10

H03D 9/06

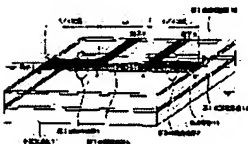
(21)Application number : 09-161390 (71)Applicant : NIPPON TELEGR &
TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 18.06.1997 (72)Inventor : NISHIKAWA KENJIRO
TOYODA KAZUHIKO
TOKUMITSU TSUNEO

(30)Priority

Priority number : 09 98501 Priority date : 31.03.1997 Priority country : JP

(54) BALUN CIRCUIT AND BALANCED FREQUENCY CONVERTER



(57)Abstract:

BEST AVAILABLE COPY

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the deviations in amplitude and phase of an output signal, also to expand a band and to miniaturize a circuit by inserting a transmission line which corrects to reduce the phase speed of an even mode, when the phase speed of an even mode is faster than the phase velocity of an odd mode into a connecting part of two connection lines which have a length of $1/4$ wavelength, constituting a marchand balun.

SOLUTION: A 1st terminal B of a lower distribution of a 1st connection line 1 and a 1st terminal A' of the lower distribution of a 2nd connection line 2 are connected though a 1st transmission line 3, whose line length is an arbitrary length L_3 .

Related to a frequency characteristic when there is difference between phase speeds of orthogonal modes of the lines 1 and 2, respective changes of amplitudes and phases shown symmetrical characteristics, when the line 3 is connected and when it is not connected. Because this enables reducing the deviations in amplitude and phase of an output signal with a simple structure in which the line 3 is inserted, expanding an operation band and also shortening the length L_3 , the miniaturization of a circuit is easily realized.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.04.2001

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3576754

[Date of registration] 16.07.2004

[Number of appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

**JPO and NCIP are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st terminal of the 1st tie way with the die length of quarter-wave length and the 1st terminal of the 2nd tie way with the die length of quarter-wave length are connected, and it sees from the 1st terminal of said 1st tie way. The isolation terminal of the 1st tie way concerned, When it saw from the 1st terminal of said 2nd tie way, and the isolation terminal of the 2nd tie way concerned is grounded, respectively, it sees from the 1st terminal of said 2nd tie way and the passage terminal of the 2nd tie way concerned is considered as disconnection, See from the 1st terminal of said 1st tie way, and a signal is inputted from the passage terminal of the 1st tie way concerned. In the balun circuit which sees from the 1st terminal of said 1st tie way, and the 1st terminal of the 2nd tie way, and takes out a signal from the joint terminal of each tie way The balun circuit characterized by forming the transmission line between the 1st terminal of said

1st tie way, and the 1st terminal of said 2nd tie way.

[Claim 2] The 1st terminal of the 1st tie way with the die length of quarter-wave length and the 1st terminal of the 2nd tie way with the die length of quarter-wave length are connected, and it sees from the 1st terminal of said 1st tie way. The isolation terminal of the 1st tie way concerned, When it saw from the 1st terminal of said 2nd tie way, and the isolation terminal of the 2nd tie way concerned is grounded, respectively, it sees from the 1st terminal of said 2nd tie way and the passage terminal of the 2nd tie way concerned is considered as disconnection, See from the 1st terminal of said 1st tie way, and a signal is inputted from the passage terminal of the 1st tie way concerned. In the balun circuit which sees from the 1st terminal of said 1st tie way, and the 1st terminal of the 2nd tie way, and takes out a signal from the joint terminal of each tie way the connection of the 1st terminal of said 1st tie way, and the 1st terminal of said 2nd tie way, and touch-down -- the balun circuit characterized by forming capacity between conductors.

[Claim 3] The 1st terminal of the 1st tie way with the die length of quarter-wave length and the 1st terminal of the 2nd tie way with the die length of quarter-wave length are connected, and it sees from the 1st terminal of said 1st tie way. The isolation terminal of the 1st tie way concerned, When it saw from the 1st terminal of said 2nd tie way, and the isolation terminal of the 2nd tie way concerned is grounded, respectively, it sees from the 1st terminal of said 2nd tie way and the passage terminal of the 2nd tie way concerned is considered as disconnection, See from the 1st terminal of said 1st tie way, and a signal is inputted from the passage terminal of the 1st tie way concerned. In the balun circuit which sees from the 1st terminal of said 1st tie way, and the 1st terminal of the 2nd tie way, and takes out a signal from the joint terminal of each tie way The balun circuit characterized by inserting in a part of transmission line of the direction with each joint terminal and isolation terminal of said 1st tie way and the 2nd tie way the transmission line which does not constitute a tie way, respectively.

[Claim 4] The 1st terminal of the 1st tie way with the die length of quarter-wave

length and the 1st terminal of the 2nd tie way with the die length of quarter-wave length are connected, and it sees from the 1st terminal of said 1st tie way. The isolation terminal of the 1st tie way concerned, When it saw from the 1st terminal of said 2nd tie way, and the isolation terminal of the 2nd tie way concerned is grounded, respectively, it sees from the 1st terminal of said 2nd tie way and the passage terminal of the 2nd tie way concerned is considered as disconnection, See from the 1st terminal of said 1st tie way, and a signal is inputted from the passage terminal of the 1st tie way concerned. In the balun circuit which sees from the 1st terminal of said 1st tie way, and the 1st terminal of the 2nd tie way, and takes out a signal from the joint terminal of each tie way The balun circuit characterized by inserting in GUKUTA in a part of transmission line of the direction with each joint terminal and isolation terminal of said 1st tie way and the 2nd tie way, respectively.

[Claim 5] a balun circuit given in any 1 term of ***** 1 thru/or claim 4 -- setting -- said 1st tie way and the 2nd tie way -- a semi-conductor substrate rear face -- touch-down -- the balun circuit characterized by being formed in the microstrip line which forms a signal-line way in a conductor and a front face.

[Claim 6] a balun circuit given in any 1 term of claim 1 thru/or claim 4 -- setting -- said 1st tie way and the 2nd tie way -- a semi-conductor substrate front face -- touch-down -- the balun circuit characterized by being formed on the KOPURENA line which forms both a conductor and a signal-line way.

[Claim 7] It is the balun circuit characterized by being formed on the dielectric film with which the laminating of said 1st tie way and the 2nd tie way was carried out to the multilayer in the balun circuit given in any 1 term of ***** 1 thru/or claim 4.

[Claim 8] The 180-degree signal distribution circuit which is the phase contrast of 180 degrees and carries out equipartition of the station dispatch number, In the balance mold frequency converter which consists of a frequency converter which changes the frequency of an IF signal said 180 degrees respectively in response to the fact that two outputs of a signal distribution circuit, and a signal composition circuit which compounds said changed signal Said 180-degree

signal distribution circuit is a balance mold frequency converter characterized by being formed in any 1 term of claim 1 thru/or claim 7 in the balun circuit of a publication.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the balance mold frequency converter using the balun circuit which is formed simultaneously with other active circuits etc. on MMIC, for example, carries out distribution composition of the high frequency signal 1GHz or more, and its balun circuit.

[0002]

[Description of the Prior Art] A balun circuit is used as an electrical circuit which carries out distribution composition of the RF signal 1GHz or more. the amplifier and mixer which generally constitute a circuit using the amplifier and two mixers or more used as a unit unit in the RF circuit of a high power amplifier, a balance mold frequency converter (balance mold mixer), and others, and serve as each unit unit in a RF signal -- about 180 degrees -- a phase -- shifting -- about 180

degrees from equipartition or each unit unit -- a phase -- shifting -- etc. -- it is necessary to compound Therefore, distribution/composition circuit which shifts a phase about 180 degrees and carries out distribution composition of the RF signal is established in the close mosquito side of a unit unit, or an output side, and the RF circuit is constituted.

[0003] Drawing 23 is the representative circuit schematic of conventional MACHANDOBARAN. MACHANDOBARAN shown in this drawing 23 is a balun circuit which shifts a phase 180 degrees and allots a signal a compounded part, and R.Schwindt has reported it (1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.389-391). In drawing 23 this conventional MACHANDOBARAN 1st terminal A' of the 2nd tie way 2 with the 1st terminal B of the 1st tie way 1 and the die length of quarter-wave length with the die length of quarter-wave length is connected. While seeing from the 1st terminal B of the 1st tie way 1 and grounding the isolation terminal C of the 1st tie way 1 concerned When it saw from 1st terminal A' of the 2nd tie way 2, and isolation terminal D' of the 2nd tie way 2 concerned is grounded, it sees from 1st terminal A' of the 2nd tie way 2 and passage terminal B' of the 2nd tie way 2 is considered as disconnection, See from the 1st terminal B of the 1st tie way 1, and a signal is inputted from the passage terminal A (terminal 1). It sees from the 1st terminal B of the 1st tie way 1, sees from 1st terminal A' of the joint terminal D of the 1st tie way 1 (terminal 2), and the 2nd tie way 2, and a signal is taken out from joint terminal C' (terminal 3) of the 2nd tie way 2, respectively.

[0004] Drawing 24 shows typically the electrical potential difference of the standing wave on the 1/2-wave transmission line of the side (A-B') to which the tie way was connected, and a current wave form. Current I serves as max in the connection B (A') which is the location of quarter-wave length, and an electrical potential difference V is set to 0. Furthermore, an electrical potential difference V serves as an opposite phase with an equal amplitude before and behind Connection B (A'). Since D edge and C' edge serve as a joint terminal when seeing from B edge and A' edge, respectively at this time, the electrical potential

difference V in B edge and A' edge serves as an opposite phase mutually with an equal amplitude.

[0005] That is, the signal inputted from the terminal 1 with the above-mentioned configuration has the phase contrast of 180 degrees in a terminal 2 and a terminal 3, and is outputted with an equal amplitude. Although each property of conventional MACHANDOBARAN shown in drawing 23 is calculated value, it is shown in drawing 25 (output amplitude characteristic) and drawing 26 (phase characteristic). In both drawings, a thick continuous line shows the property (the output swing from terminals 2 and 3, phase contrast) by the conventional configuration, and a thin continuous line shows the property of an ideal balun. The parameter of a tie way used for count is as being shown below. The count result searched for with the parameter of the conventional configuration is well in agreement with measured value.

[0006]

(1) Tie way parameter of the conventional configuration $Z_e=121\text{ohm}$:

Characteristic impedance of even symmetric mode $Z_o=21\text{ohm}$: Characteristic impedance of an odd symmetric mode $\epsilon_{\text{eff}}=3.02$: Effective dielectric constant of even symmetric mode $\epsilon_{\text{eff}}=4.22$: Effective dielectric constant of an odd symmetric mode $\alpha_e=0.15\text{dB/mm@}10\text{GHz}$: Loss of even symmetric mode $\alpha_o=0.60\text{dB/mm@}10\text{GHz}$: **** of an odd symmetric mode (2) Tie way parameter of an ideal balun (non-lost line)

$Z_e=500\text{ohm}$: Characteristic impedance of even symmetric mode $Z_o=21\text{ohm}$: Characteristic impedance of an odd symmetric mode $\epsilon_{\text{eff}}=3.02$: Effective dielectric constant of even symmetric mode $\epsilon_{\text{eff}}=3.02$: MACHANDOBARAN shown in drawing 23 has large amplitude and phase shift of an output signal, and effective dielectric constant drawing 25 of an odd symmetric mode and drawing 26 show that the band of operation is narrow. The micro stripe mold MMIC and the uni-planar mold MMIC which form a passive circuit on semi-conductor substrates, such as GaAs and Si, at an active element and coincidence, such as FET, so that he can understand this from the comparison of the above-

mentioned parameter Moreover, it sets to the multilayering and three-dimension MMIC which form a dielectric film in a multilayer on the above-mentioned semiconductor substrate, and form a circuit on a dielectric film. The characteristic impedance of the even symmetric mode of the tie way which constitutes MACHANDOBARAN is not made greatly small theoretically, As compared with that a difference is in the phase velocity of orthogonal mode, and the RF circuit where loss of the transmission line which constitutes MACHANDOBARAN further is realized using a waveguide or a coaxial track, it originates in a large (in general 0.1dB/(mm) or more) thing and **.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] thus, in MACHANDOBARAN formed on MMIC When a difference is in the phase velocity of that the characteristic impedance of the even symmetric mode of the tie way which constitutes a balun cannot be enlarged, and orthogonal mode There is a problem that the amplitude and phase shift of an output signal of a balun become large, and a band of operation becomes narrow, and that loss of the transmission line which constitutes a balun is also large had become the cause of producing the amplitude of an output signal, amplification of a phase shift, and band-ization of a band of operation, further.

[0008] Improved MACHANDOBARAN which then, was realized on MMIC as shown in drawing 27 and drawing 28 is proposed. S.A.Mass has proposed drawing 27 (IEEE Trans.on MTT-41, No12, pp.2330-2335, Dec., 1993). Moreover, Y.I.Ryu has proposed drawing 28 (1995 IEEE Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium Digest, pp.155-158).

[0009] With these improved configurations, the tie way which constitutes MACHANDOBARAN is formed with an INTADIJITARU mold, and substrate thickness is formed on the semi-conductor substrate thicker than usual. By this, the characteristic impedance of even symmetric mode can be enlarged, and the phase velocity in both the modes can be brought close, and a circuit property better than the conventional configuration shown in drawing 23 can be acquired.

[0010] However, with the configuration of drawing 27 and drawing 28 , since the number of lines which constitutes a tie way increased, and substrate thickness was thick and transmission-line width of face became large, there was a problem that the miniaturization of a circuit was difficult.

[0011] In MACHANDOBARAN by which the object of this invention is formed on MMIC The amplitude and phase shift of an output signal of a balun, and narrow-band-izing with large loss which cannot do greatly the property IMBI wardrobe of the even symmetric mode of the tie way which constitutes a balun circuit, which have a difference in the phase velocity of orthogonal mode and which are produced especially therefore are improved by addition of a simple element. The amplitude and phase shift of an output signal are to realize the balun circuit in which broadband-izing and a miniaturization are possible, and offer the balance mold frequency converter using it small.

[0012]

[Means for Solving the Problem] Invention according to claim 1 is characterized by inserting the transmission line in the connection of two tie ways with the die length of the quarter-wave length which constitutes MACHANDOBARAN. the connection of two tie ways with the die length of the quarter-wave length from which invention according to claim 2 constitutes MACHANDOBARAN, and touch-down -- it is characterized by inserting capacity between conductors.

[0013] invention according to claim 3 is characterized by inserting the transmission line which does not constitute a tie way in a part of transmission line of the direction which two tie ways with the die length of the quarter-wave length which constitutes MACHANDOBARAN are alike, respectively, sets, and has a joint terminal and an isolation terminal, respectively. invention according to claim 4 is characterized by inserting in GUKUTA in a part of transmission line of the direction which two tie ways with the die length of the quarter-wave length which constitutes MACHANDOBARAN are alike, respectively, sets, and has a joint terminal and an isolation terminal, respectively.

[0014] Invention according to claim 5 is characterized by forming each of two tie

ways with the die length of the quarter-wave length which constitutes MACHANDOBARAN in a microstrip line in ***** 1 thru/or a balun circuit according to claim 4. Invention according to claim 6 is characterized by forming each of two tie ways which have the die length of the quarter-wave length which constitutes MACHANDOBARAN in the balun circuit of a publication in any 1 term of claim 1 thru/or claim 4 on the KOPURENA line.

[0015] Invention according to claim 7 is characterized by forming each of two tie ways with the die length of the quarter-wave length which constitutes MACHANDOBARAN on the dielectric film by which the laminating was carried out to the multilayer in ***** 1 thru/or a balun circuit according to claim 4. Invention according to claim 8 is characterized by forming a signal distribution circuit in any 1 term of claim 1 thru/or claim 7 180 degrees in the balun circuit of a publication in a balance mold frequency converter.

[0016] In MACHANDOBARAN, when a difference is in the phase velocity of the orthogonal mode of two tie ways with the die length of the quarter-wave length which constitutes a balun, the amplitude of the output signal of a balun and a phase shift arise. On the other hand, since it can ask for the phase velocity of even symmetric mode/odd symmetric mode as a capacity per unit length in the mode, the size relation of the phase velocity of the even symmetric mode of a tie way and the phase velocity of an odd symmetric mode in the MMIC concerned can be specified by whether MMIC of which format is adopted.

[0017] then, in this invention, when the phase velocity of the even symmetric mode of a tie way is larger than the phase velocity of an odd symmetric mode The transmission line (claim 1) or capacity (claim 2) amended so that the phase velocity of even symmetric mode may become small is added. On the contrary, when the phase velocity of the even symmetric mode of a tie way is smaller than the phase velocity of an odd symmetric mode, the transmission line (claim 3) or the inductor (claim 4) amended so that the phase velocity of even symmetric mode may become large is added.

[0018] Consequently, the amplitude of the output signal of a balun circuit and a

phase shift can be made small, and phase balance can be maintained over a broadband. Moreover, since it is realizable with addition of the element which does not have to enlarge simple and circuit magnitude called the transmission line, capacity, and an inductor, a miniaturization becomes possible. Therefore, in a balance mold frequency converter, if the balun circuit concerning this invention is used as a signal distribution circuit 180 degrees (claim 8), since a station dispatch number can be distributed to an opposite phase with an equal amplitude to a frequency converter, it can control that a station dispatch number is leaked and outputted to a RF outgoing end.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing.

(The 1st operation gestalt) Drawing 1 and drawing 2 are drawings showing the configuration of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 1, 5, and 7 of this invention. Drawing 1 is a perspective view and drawing 2 is a representative circuit schematic. This 1st operation gestalt is related with MACHANDOBARAN of three-dimension MMIC structure. In addition, in both drawings, the sign of terminals 1, 2, and 3, A-D, and A' - D' shows the corresponding location. Moreover, these signs correspond with what was used in the conventional example (drawing 23 R> 3).

[0020] drawing 1 and drawing 2 -- setting -- the semi-conductor substrate 11 top - touch-down -- a conductor 10 carries out a laminating -- having -- touch-down -- on a conductor 10, the laminating of the 1st dielectric film 12 is carried out. Lower layer wiring of lower layer wiring of the 1st tie way 1, the 1st transmission line 3, and the 2nd tie way 2 is formed in the top face of this 1st dielectric film 12 toward the right, respectively from *****. The line length of the 1st tie way 1 and the 2nd tie way 2 is quarter-wave length, respectively.

[0021] The end of the left in drawing is the passage terminal A, and the other end of lower layer wiring of the 1st tie way 1 is the 1st terminal B. The passage terminal A is connected to the terminal 1 of a signal input. Moreover, the end of

the method of drawing Nakamigi is passage terminal B', and the other end of lower layer wiring of the 2nd tie way 2 is 1st terminal A'. With this 1st operation gestalt, it has considered as the configuration which connects the other end (the 1st terminal) B of lower layer wiring of the 1st tie way 1, and other end (1st terminal) A' of lower layer wiring of the 2nd tie way 2 in the 1st transmission line 3. the line length of this 1st transmission line 3 -- arbitration length L3 it is .

[0022] The laminating of the 2nd dielectric film 13 is carried out on the 1st dielectric film 12 with which lower layer wiring and the 1st transmission line 3 of such a tie way were formed. The upper wiring of the 1st tie way 1 and the upper wiring of the 2nd tie way 2 are formed in the top face of this 3rd dielectric film 13, respectively. The upper wiring of the 1st tie way 1 is the isolation terminal C with which the end of the left in drawing is grounded, and the other end is the joint terminal D. The terminal 2 of a signal output is connected to this joint terminal D. Moreover, the upper wiring of the 2nd tie way 2 is isolation terminal D' by which the end of the method of drawing Nakamigi is grounded, and the other end is joint terminal C'. The terminal 3 of a signal output is connected to this joint terminal C'.

[0023] Drawing 3 is the explanatory view of basic actuation of the 1st and 2nd operation gestalt corresponding to invention (balun circuit which connected the tie way using the transmission line) according to claim 1. Drawing 3 (a) is amplitude characteristic drawing (calculated value), and drawing 3 (b) is phase characteristic drawing (calculated value). In drawing 3 (a) and (b), when continuous-line (**) does not have a difference in the phase velocity of the orthogonal mode of the 1st [which constitutes MACHANDOBARAN], and 2nd tie ways and continuous-line (**) has a difference in the phase velocity of the orthogonal mode of a tie way, a continuous line (Ha) shows the connection of a tie way the characteristic curve at the time of inserting the transmission line, respectively. In addition, the parameter of a tie way and the inserted transmission line is as follows.

[0024] continuous-line (**) -- (**) (Ha) -- setting -- a tie way -- the characteristic

impedance Z_e of even symmetric mode -- the characteristic impedance Z_o of $Z_e=121\text{ohm}$ and an odd symmetric mode -- $Z_o=21\text{ohm}$ and the line length L_1 -- L -- it is $1 = 1.987\text{mm}$ and $Z_o=60\text{ohm}$ and effective dielectric constant ϵ_{eff} of a characteristic impedance Z_o are $\epsilon_{\text{eff}}=3.3$ in the transmission line. The value of characteristic impedances Z_e and Z_o is the same as that of the case of the conventional example mentioned above.

[0025] Moreover, in continuous-line (b), effective dielectric constant ϵ of the even symmetric mode of a tie way and effective dielectric constant ϵ_o of an odd symmetric mode are equal respectively, and are $\epsilon=\epsilon_o=3.04$. Moreover, in continuous-line (b), $\epsilon=3.04$ and effective dielectric constant ϵ_o of an odd symmetric mode of effective dielectric constant ϵ of the even symmetric mode of a tie way are $\epsilon_o=4.22$. Moreover, in a continuous line (Ha), on a tie way, effective dielectric constant ϵ of even symmetric mode and effective dielectric constant ϵ_o of an odd symmetric mode are $\epsilon=\epsilon_o=3.04$ equally, respectively, and the line length L_3 is $L_3=0.28\text{mm}$ in the transmission line.

[0026] Drawing 3 (a) and (b) show that change of the amplitude at the time of inserting the transmission line with change of the amplitude of (**) and a phase when a difference is in the phase velocity of a tie way (Ha), and a phase serves as symmetry mostly considering (b) as a core when there is no difference in the phase velocity of a tie way. Therefore, the characteristic impedance of the even symmetric mode of a tie way and loss are the line length L_3 suitably about a gap of the phase of MACHANDOBARAN produced based on a difference being in the phase velocity of orthogonal mode although it is the same as usual, and the amplitude. The simple configuration which inserts the 1st transmission line 3 can amend.

[0027] From the above thing, the balun circuit of this 1st operation gestalt It is the arbitration line length L_3 about between the 1st terminal B of lower layer wiring of the 1st tie way 1, and 1st terminal A' of lower layer wiring of the 2nd tie way 2. By the configuration connected in the 1st transmission line 3 Like the conventional

example (drawing 23), when a signal is inputted from a terminal 1, it turns out that it functions on a terminal 2 and a terminal 3 with an equal amplitude as MACHANDOBARAN to which the signal with which phases differ 180 degrees is outputted.

[0028] Hereafter, actuation of the balun circuit (MACHANDOBARAN) of the 1st operation gestalt is explained with reference to drawing 4 - drawing 6 . Drawing 4 is the line die length L_3 of the 1st transmission line 3 which connects the 1st tie way 1 and the 2nd tie way 2 with the die length of the quarter-wave length of MACHANDOBARAN of a configuration of being shown in drawing 1 and drawing 2 . Relation with the band of the balun when changing is shown (calculated value). In addition, the example in working alignment frequency the band of 20GHz of a balun was shown.

[0029] Here, the band of a balun of operation is made into the frequency domain which fills 3dB band of the output signal of each terminal in addition to the conditions of less than ten phase contrast and less than 1dB of amplitude differences supposing the case where a signal composition distribution circuit is used for a balance mold frequency converter etc. This refers to what S.A.Maas has reported by the work Microwave Mixers Second Edition, Artech House, INC., and 1993. A characteristic impedance Z_0 is [$Z_0=60\text{ohm}$ and effective dielectric constant ϵ_{eff} of the parameter of the 1st inserted transmission line 3] $\epsilon_{\text{eff}}=3.3$.

[0030] In drawing 4 , although the fractional bandwidth in the conventional example (drawing 23) is the narrow range of O mark, as a frame encloses and shows, it can expand the fractional bandwidth of a balun to 1.8 or more times with the configuration of this invention concerning claim 1 which introduces the transmission line which connects a tie way. Drawing 5 is frequency-characteristics drawing of the phase contrast at the time of making the line length L_3 of the inserted transmission line into constant value ($L_3=0.3\text{mm}$), and an amplitude difference. In addition, phase velocity is the relation of the phase velocity of the phase-velocity > odd symmetric mode of even symmetric mode.

[0031] In drawing 5 , a thick continuous line is the property of the balun of the 1st operation gestalt with the transmission line of the line length L_3 ($L_3=0.3\text{mm}$), and a thin continuous line is the property of the balun of a configuration conventionally without the transmission line. As shown in drawing 5 , by inserting the transmission line which connects a tie way shows that the amplitude and phase shift of an output signal of a balun are small.

[0032] That is, as shown in drawing 1 and drawing 2 , by the simple configuration which inserts the transmission line between two tie ways of quarter-wave length, the amplitude and phase shift of an output signal of a balun can be made small, and a band of operation can be expanded. Drawing 6 shows the band of the balun when changing the line length (L_1) of the tie way which constitutes MACHANDOBARAN of operation (calculated value). In drawing 6 , an axis of ordinate is the line length (L_1/L_{10}) of the tie way standardized by the die length ($L_{10}=1.987\text{mm}$) of the quarter-wave length of a 20GHz tie way. An axis of abscissa is a frequency (GHz). Moreover, the frequency range connected with O mark and a straight line shows the band of a balun of operation, and intermediate - mark shows the center frequency (Center frequency of coupler) of a tie way.

[0033] As shown in drawing 6 , although the upper limit of clock frequency becomes high with lifting of the center frequency of a tie way, it is only increasing slightly about the minimum of clock frequency. That is, since broadband-ization can be easily realized since only an upper limit can be made high, without hardly changing the minimum of the clock frequency of a balun even if it makes center frequency of a tie way high (it is about line length), and tie way length can be shortened, the miniaturization of a circuit can be realized easily.

[0034] this 1st operation gestalt -- a semi-conductor substrate top -- touch-down -
- although the structure of the multilayer / three-dimension MMIC which forms a conductor, carries out two-layer formation of the dielectric film on it, and forms a circuit on that film was shown -- a semi-conductor substrate rear face -- touch-down -- effectiveness with the same said of the configuration of the micro stripe mold MMIC which forms a conductor is acquired. Moreover, the same

effectiveness is acquired, even if it bends a tie way and the transmission line the shape of a meander, and in the shape of a spiral for much more miniaturization and forms.

[0035] (The 2nd operation gestalt) Drawing 7 is the perspective view showing the configuration of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 1 and 6 of this invention. An equal circuit is drawing 2 . This 2nd operation gestalt is related with MACHANDOBARAN constituted from a KOPURENA line. In addition, in drawing 7 , the sign of terminals 1, 2, and 3, A-D, and A' - D' shows the location where drawing 2 corresponded. Moreover, these signs correspond with what was used in the conventional example (drawing 23).

[0036] As shown in drawing 7 , the two transmission lines, the two transmission lines of the 1st tie way 1 and the 2nd tie way 2, are arranged at juxtaposition, respectively, and one side of each two transmission line is connected to the top face of the semi-conductor substrate 11 a little in the 1st broad transmission line 3. moreover -- the top face of the semi-conductor substrate 11 -- touch-down -- the conductor 10 is formed. Therefore, the amplitude and phase shift of an output signal of a balun can be made small like the 1st operation gestalt, and a band can be expanded. Moreover, since there is no degradation of the frequency band of a balun also as quarter-wave length of a frequency band higher than the center frequency of a request of tie way length, the miniaturization of the part circuit which can shorten tie way length is realizable.

[0037] It is the same, even if it bends the shape of a meander, and in the shape of SUBAIRARU for much more miniaturization and forms with this 2nd operation gestalt, although a tie way and the transmission line are formed in the shape of a straight line.

(The 3rd operation gestalt) Drawing 8 and drawing 9 are drawings showing the configuration of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 2, 5, and 7 of this invention. Drawing 8 is a perspective view and drawing 9 is a representative circuit schematic. This 3rd operation gestalt is related with MACHANDOBARAN of three-dimension MMIC structure. In addition, in both

drawings, the sign of terminals 1, 2, and 3, A-D, and B' - D' shows the corresponding location. Moreover, these signs correspond with what was used in the conventional example (drawing 23 R> 3). However, the sign B of drawing 8 supports the sign B in the conventional example, and A'.

[0038] drawing 8 and drawing 9 -- setting -- the semi-conductor substrate 11 top - touch-down -- while the laminating of the conductor 10 is carried out -- touch-down -- the 1st capacity 4 is formed on the semi-conductor substrate 11 which deleted some conductors 10 and was exposed. the end of this 1st capacity 4 -- touch-down -- it connects with the conductor 10. this touch-down -- the laminating of the l-th dielectric film 12 is carried out on a conductor 10. Lower layer wiring of the 1st tie way 1 and lower layer wiring of the 2nd tie way 2 are formed in the top face of this 1st dielectric film 12, respectively. The line length of the 1st tie way 1 and the 2nd tie way is quarter-wave length, respectively.

[0039] The end of the left in drawing is the passage terminal A, and the other end of lower layer wiring of the 1st tie way 1 is the 1st terminal B. The passage terminal A is connected to the terminal 1 of a signal input. Moreover, the end of the method of drawing Nakamigi is passage terminal B', and the other end of lower layer wiring of the 2nd tie way 2 is the 1st terminal B. The connection B of the other end (the 1st terminal) of lower layer wiring of the 1st tie way 1 and the other end (the 1st terminal) of lower layer wiring of the 2nd tie way 2 is connected to the other end of the 1st capacity 4 through a through hole 14.

[0040] That is, with this 3rd operation gestalt, it has considered as the configuration which grounds the connection B of the other end (the 1st terminal) of lower layer wiring of the 1st tie way 1, and the other end (the 1st terminal) of lower layer wiring of the 2nd tie way 2 through the 1st capacity 4. The laminating of the 2nd dielectric film 13 is carried out on the l-th dielectric film 12 with which lower layer wiring of such a tie way was formed. The upper wiring of the 1st tie way 1 and the upper wiring of the 2nd tie way 2 are formed in the top face of this dielectric film 13, respectively. The upper wiring of the 1st tie way 1 is the isolation terminal C with which an end is grounded, and the other end is the joint

terminal D. The terminal 2 of a signal output is connected to the joint terminal D. Moreover, the upper wiring of the 2nd tie way 2 is isolation terminal D' by which an end is grounded, and the other end is joint terminal C'. The terminal 3 of a signal output is connected to joint terminal C'.

[0041] Drawing 10 is the explanatory view of basic actuation of the 3rd and 4th operation gestalt corresponding to invention (touch-down a tie way and balun circuit in which capacity was formed between conductors) according to claim 2. Drawing 10 (a) is amplitude characteristic drawing (calculated value), and drawing 10 (b) is phase characteristic drawing (calculated value). the case where continuous-line (**) has a difference in the phase velocity of the orthogonal mode of a tie way when continuous-line (**) does not have a difference in the phase velocity of the orthogonal mode of the 1st [which constitutes MACHANDOBARAN], and 2nd tie ways in drawing 10 (a) and (b) -- a continuous line (Ha) -- the connection of a tie way, and touch-down -- the characteristic curve at the time of forming capacity between conductors is shown. In addition, a tie way and the formed parameter of capacity are as follows.

[0042] continuous-line (**) -- (**) (Ha) -- setting -- a tie way -- the characteristic impedance Z_e of even symmetric mode -- $Z_e =$ -- the characteristic impedance Z_o of 121 ohms and an odd symmetric mode is $Z_o = 21\text{ohm}$, and the line length L_1 is $L_1 = 1.987\text{mm}$. These are the same as that of the case of the 1st operation gestalt. Moreover, in continuous-line (b), effective dielectric constant ϵ_{even} of the even symmetric mode of a tie way and effective dielectric constant ϵ_{odd} of an odd symmetric mode are $\epsilon = \epsilon_o = 3.04$ equally, respectively. Moreover, in continuous-line (b), $\epsilon_{\text{even}} = 3.04$ and effective dielectric constant ϵ_{odd} of an odd symmetric mode of effective dielectric constant ϵ_{even} of the even symmetric mode of a tie way are $\epsilon_{\text{odd}} = 4.22$. Moreover, in a continuous line (Ha), effective dielectric constant ϵ_{even} of even symmetric mode and effective dielectric constant ϵ_{odd} of an odd symmetric mode are $\epsilon = \epsilon_o = 3.04$ equally, respectively, and the value C of the formed capacity is $C = 0.03\text{pF}$ on a tie way.

[0043] Drawing 10 (a) and (b) show that it is the symmetry mostly considering (b) as a core, when change of the amplitude at the time of forming capacity with change of the amplitude of (**) and a phase when a difference is in the phase velocity of a tie way (Ha), and a phase does not have a difference in the phase velocity of a tie way. therefore, a gap of the phase of MACHANDOBARAN produced based on a difference being in the phase velocity of orthogonal mode although the characteristic impedance of the even symmetric mode of a tie way and loss are the same as usual, and the amplitude -- the connection of a tie way, and touch-down -- the simple configuration which forms capacity between conductors can amend.

[0044] From the above thing, the balun circuit of this 3rd operation gestalt By the configuration which grounded the connection B of the 1st terminal of lower layer wiring of the 1st tie way 1, and the 1st terminal of lower layer wiring of the 2nd tie way 2 through the 1st capacity 4 Like the 1st operation gestalt, when a signal is inputted from a terminal 1, it turns out that it functions on a terminal 2 and a terminal 3 with an equal amplitude as MACHANDOBARAN to which the signal with which phases differ 180 degrees is outputted.

[0045] Hereafter, actuation of the balun circuit (MACHANDOBARAN) of the 3rd operation gestalt is explained with reference to drawing 11 and drawing 12 . Drawing 11 shows relation with the band of the balun when changing the capacity C of MACHANDOBARAN of a configuration of being shown in drawing 8 and drawing 9 (pF) (calculated value). In addition, the working alignment frequency of a balun is 20GHz.

[0046] In drawing 11 , although the fractional bandwidth in the conventional example (drawing 23) is the narrow range of O mark, as a frame encloses and shows, it can expand the fractional bandwidth of a balun to 1.8 or more times with the configuration of this invention concerning claim 2 which grounds the connection of a tie way through capacity. Drawing 12 is frequency-characteristics drawing of the phase contrast at the time of making inserted capacity value C into constant value ($C = 0.03\text{pF}$), and an amplitude difference. Phase velocity has

the relation of the phase velocity of the phase-velocity > odd symmetric mode of even symmetric mode. A thick continuous line is the property of the balun of the 3rd operation gestalt equipped with capacity, and a thin continuous line is the property of the balun of a configuration conventionally without capacity. As shown in drawing 12, by inserting capacity shows that the balance property of a balun is improvable.

[0047] that is, it is shown in drawing 8 and drawing 9 -- as -- the connection of two tie ways of quarter-wave length, and touch-down -- by the simple configuration which inserts capacity between conductors, the amplitude and phase shift of an output signal of a balun can be made small, and a band of operation can be expanded. Moreover, since the frequency band of a balun does not become narrow as a value (it sets up more highly than the value of a request of the center frequency of a balun) shorter than quarter-wave length or the amplitude and phase shift of an output signal do not become large about tie way length, the miniaturization of the part circuit which can shorten tie way length is realizable.

[0048] this 3rd operation gestalt -- a semi-conductor substrate top -- touch-down - - although the structure of the multilayer / three-dimension MMIC which forms a conductor, carries out two-layer formation of the dielectric film on it, and forms a circuit on that film was shown -- a semi-conductor substrate rear face -- touch-down -- effectiveness with the same said of the configuration of the micro stripe mold MMIC which forms a conductor is acquired. Moreover, the same effectiveness is acquired, even if a tie way bends the shape of a meander, and in the shape of a spiral and it forms it for much more miniaturization.

[0049] (The 4th operation gestalt) Drawing 13 is the perspective view showing the configuration of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 2 and 6 of this invention. An equal circuit is drawing 9. This 4th operation gestalt is related with MACHANDOBARAN constituted from a KOPURENA line. In addition, in drawing 11, the sign of terminals 1, 2, and 3, A-D, and B' - D' shows the location where drawing 9 corresponded.

[0050] As shown in drawing 13 , in the top face of the semi-conductor substrate 11 The two transmission lines, the two transmission lines of the 1st tie way 1 and the 2nd tie way 2 it arranges to juxtaposition, respectively -- having -- moreover, the 1st capacity 4 and touch-down -- a conductor 10 forms, respectively -- having -- the connection B of one transmission line of the two transmission lines of each of two tie ways -- the 1st capacity 4 -- minding -- touch-down -- it connects with a conductor 10.

[0051] Therefore, the amplitude and phase shift of an output signal of a balun can be made small like the 3rd operation gestalt, and a band can be expanded. Moreover, since there is neither a frequency band of a balun nor degradation of a balance property also considering tie way length as a value (it sets up more highly than the value of a request of the center frequency of a balun) shorter than quarter-wave length, the miniaturization of the part circuit which can shorten tie way length is realizable.

[0052] It is the same, even if it bends the shape of a meander, and in the shape of a spiral and forms with this 4th operation gestalt for much more miniaturization, although the tie way is formed in the shape of a straight line.

(The 5th operation gestalt) Drawing 14 and drawing 15 are drawings showing the configuration of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 3, 5, and 7 of this invention. Drawing 14 is a perspective view and drawing 15 is a representative circuit schematic. This 5th operation gestalt is related with MACHANDOBARAN of three-dimension MMIC structure. In addition, in both drawings, the sign of terminals 1, 2, and 3, A-G, and B' - G' shows the corresponding location.

[0053] drawing 14 and drawing 15 -- setting -- the semi-conductor substrate 11 top -- touch-down -- a conductor 10 carries out a laminating -- having -- touch-down -- on a conductor 10, the laminating of the 1st dielectric film 12 is carried out. Lower layer wiring of the 1st tie way 31, lower layer wiring of the 3rd tie way 33, lower layer wiring of the 2nd tie way 32, and lower layer wiring of the 4th tie way 34 are formed in the top face of this dielectric film 12 toward the right,

respectively from *****. And a terminal 1 is connected to the passage terminal A of lower layer wiring of the 1st tie way 31.

[0054] Sign B shows the connection of lower layer wiring of the 1st tie way 31, and lower layer wiring of the 3rd tie way 33, and sign B' shows the connection of lower layer wiring of the 2nd tie way 32, and lower layer wiring of the 4th tie way 34. Moreover, Sign F shows the connection of lower layer wiring of the 3rd tie way 33, and lower layer wiring of the 2nd tie way 32. The line length ($L_{11}+L_{12}$) which added the line length L_{11} of the 1st tie way 31 and the line length L_{12} of the 3rd tie way 33 here, and the line length ($L_{21}+L_{22}$) which added the line length L_{21} of the 2nd tie way 32 and the line length L_{22} of the 4th tie way 34 are quarter-wave length, respectively. That is, Connection F supports Connection B and A' in drawing 20 .

[0055] The laminating of the 2nd dielectric film 13 is carried out on the dielectric film 12 with which lower layer wiring of such a tie way was formed. The upper wiring of the upper wiring of the upper wiring of the 1st tie way 31, the 1st transmission line 35 of the line length L_{31} , and the 3rd tie way 33, the upper wiring of the 2nd tie way 32, the 2nd transmission line 36 of the line length L_{31} , and the 4th tie way 34 is formed in the top face of this 2nd dielectric film 13 toward the right, respectively from *****. And the joint terminal G of the upper wiring of the 3rd tie way 33 is connected to a terminal 2, and joint terminal C' of the upper wiring of the 2nd tie way 32 is connected to a terminal 3. Moreover, isolation terminal G' of the upper wiring of the isolation terminal C of the upper wiring of the 1st tie way 31 and the 4th tie way 34 is grounded, respectively.

[0056] Sign D shows the connection of the upper wiring and the 1st transmission line 35 of the 1st tie way 31, and Sign E shows the connection of the upper wiring and the 1st transmission line 35 of the 3rd tie way 33. Moreover, sign D' shows the connection of the upper wiring and the 2nd transmission line 36 of the 2nd tie way 32, and sign E' shows the connection of the upper wiring and the 2nd transmission line 36 of the 4th tie way 34.

[0057] In short, the balun circuit of this 5th operation gestalt inserts in a part of

transmission line of the direction with the joint terminal (G, C') of a tie way, and an isolation terminal (C, G') the transmission line (the 1st transmission line 35, the 2nd transmission line 35) which does not constitute a tie way. Drawing 16 is the explanatory view of basic actuation of the 5th and 6th operation gestalt corresponding to invention (balun circuit which inserted in a part of transmission line of the direction with the joint terminal of a tie way, and an isolation terminal the transmission line which does not constitute a tie way) according to claim 3. Drawing 16 (a) is amplitude characteristic drawing (calculated value), and drawing 16 (b) is phase characteristic drawing (calculated value).

[0058] the 1- from which continuous-line (**) constitutes MACHANDOBARAN in drawing 16 (a) and (b) -- when there is no difference in the phase velocity of the orthogonal mode of the 4th tie way and continuous-line (**) has a difference in the phase velocity of the orthogonal mode of a tie way, a continuous line (Ha) shows the connection of a tie way the characteristic curve at the time of inserting the transmission line. In addition, the parameter of a tie way is as follows.

[0059] continuous-line (**) -- (**) (Ha) -- setting -- the characteristic impedance Z_e of the even symmetric mode of a tie way -- the characteristic impedance Z_o of the odd symmetric mode -- $Z_o=21\text{ohm}$ and line length L_1 It is $L_1=1.987\text{mm}$. Moreover, in continuous-line (b), effective dielectric constant ϵ_{even} of the even symmetric mode of a tie way and effective dielectric constant ϵ_{odd} of an odd symmetric mode are $\epsilon_{\text{even}}=\epsilon_{\text{odd}}=3.04$ equally, respectively.

[0060] Moreover, in continuous-line (b), $\epsilon_{\text{even}}=4.22$ and effective dielectric constant ϵ_{odd} of an odd symmetric mode of effective dielectric constant ϵ_{even} of the even symmetric mode of a tie way are $\epsilon_{\text{even}}=3.04$. Moreover, in a continuous line (Ha), effective dielectric constant ϵ_{even} of the even symmetric mode of a tie way and effective dielectric constant ϵ_{odd} of an odd symmetric mode are equal respectively, it is $\epsilon_{\text{even}}=\epsilon_{\text{odd}}=3.04$, and the line length L_{31} of the transmission line to insert is $L_{31}=0.33\text{mm}$.

[0061] Drawing 16 (a) and (b) show that it is the symmetry mostly considering (b)

as a core, when change of the amplitude at the time of inserting the transmission line with change of the amplitude of (**) and a phase when a difference is in the phase velocity of a tie way (Ha), and a phase does not have a difference in the phase velocity of a tie way. Therefore, although the characteristic impedance of the even symmetric mode of a tie way and loss are the same as usual, the simple configuration which inserts the transmission line which does not constitute a tie way in a part of transmission line of the direction which has the joint terminal of a tie way and an isolation terminal in a gap of the phase of MACHANDOBARAN produced based on a difference being in the phase velocity of orthogonal mode and the amplitude can amend.

[0062] From the above thing, the balun circuit of this 5th operation gestalt By the configuration which inserted in a part of transmission line with the joint terminal (G, C') of a tie way, and an isolation terminal (C, G') the transmission line which does not constitute a tie way Like the 1st operation gestalt, when the close mosquito of the signal is carried out from a terminal 1, it turns out that it functions on a terminal 2 and a terminal 3 with this amplitude as MACHANDOBARAN to which the signal with which phases differ 180 degrees is outputted.

[0063] Hereafter, actuation of the balun circuit (MACHANDOBARAN) of the 5th operation gestalt is explained with reference to drawing 17 . Drawing 1717 shows the frequency characteristics of the phase contrast when making the line length of $L_{31}=0.33\text{mm}$ and a tie way into 0.75λ ($1/4$ wave) for the line length L_{31} of the inserted transmission line, and an amplitude difference. A thick continuous line is the property of the balun of the 5th operation gestalt, and a thin continuous line is the property of the balun of the conventional configuration.

[0064] Although phase velocity is the relation of the phase velocity of the phase-velocity < odd symmetric mode of even symmetric mode, as shown in drawing 17 , it can make small the amplitude and phase shift of an output signal of a balun. Moreover, the part circuit where tie way length becomes short can also be miniaturized. Therefore, in the configuration of this 5th operation gestalt, by inserting in a part of transmission line of the direction with the joint terminal and

isolation terminal of a tie way the transmission line which does not constitute a tie way, the amplitude and phase shift of an output signal of a balun can be made small, and a band can be expanded.

[0065] Moreover, much more miniaturization of a balun circuit is realizable by making the line length of a tie way into a value (it setting up more highly than the value of a request of the center frequency of a balun) shorter than quarter-wave length. this 5th operation gestalt -- a semi-conductor substrate top -- touch-down -- although the structure of the multilayer / three-dimension MMIC which forms a conductor, carries out two-layer formation of the dielectric film on it, and forms a balun circuit on that film was shown -- a semi-conductor substrate rear face -- touch-down -- the configuration of the micro stripe mold MMIC which forms a conductor also has the same effectiveness. Moreover, even if it bends a tie way the shape of a meander, and in the shape of a spiral and forms it for much more miniaturization, it has the same effectiveness.

[0066] (The 6th operation gestalt) Drawing 18 is drawing showing the configuration of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 3 and 6 of this invention. Drawing 18 is a perspective view. An equal circuit is drawing 15 . This 6th operation gestalt is related with MACHANDOBARAN constituted from a KOPURENA line. In addition, in drawing 18 R> 8, the sign of terminals 1, 2, and 3, A-G, and B' - G' shows the location where drawing 15 corresponded.

[0067] As shown in drawing 18 , in the top face of the semi-conductor substrate 11 While being arranged at juxtaposition, respectively, the two transmission lines, the two transmission lines, the two transmission lines of the 1st tie way 31 and the 3rd tie way 33, and the 2nd tie way 32, and the 4th tie way 34 The 1st transmission line 35 between one transmission line of the two transmission lines of the 1st tie way 31, and one transmission line of the two transmission lines of the 3rd tie way 33 Moreover, one transmission line of the two transmission lines of the 2nd tie way 32, the 2nd transmission line 36 forms with the air bridge 39, respectively between one transmission lines of the two

transmission lines of the 4th tie way 34 -- having -- touch-down -- the conductor 10 is also formed.

[0068] Therefore, the amplitude and phase shift of an output signal of a balun can be made small like the 5th operation gestalt, and a band can be expanded. Moreover, much more miniaturization of a balun circuit is realizable similarly by making the line length of a tie way into a value (it setting up more highly than the value of a request of the center frequency of a balun) shorter than quarter-wave length. It is the same, even if it bends the shape of a meander, and in the shape of a spiral for much more miniaturization and forms with this 6th operation gestalt, although a tie way and the transmission line are formed in the shape of a straight line.

[0069] (The 7th operation gestalt) Drawing 19 is the representative circuit schematic showing the configuration of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 4, 5, 6, and 7 of this invention. In the equal circuit (drawing 15) of the 5th operation gestalt and the 6th operation gestalt, MACHANDOBARAN of this 7th operation gestalt is changed into the 1st transmission line 35, inserts the 1st inductor 40, changes it into the 2nd transmission line 36, and inserts 2nd INDAKU 41. Others are the same as that of drawing 15 .

[0070] Drawing 20 is the explanatory view of the basic actuation of the 7th operation gestalt according to claim 4 which carries out an invention (balun circuit which inserted inductor in a part of transmission line of direction with joint terminal [of a tie way], and isolation terminal) response. Drawing 20 (a) is amplitude characteristic drawing (calculated value), and drawing 20 (b) is phase characteristic drawing (calculated value). the 1- from which continuous-line (**) constitutes MACHANDOBARAN in drawing 20 (a) and (b) -- when there is no difference in the phase velocity of the orthogonal mode of the 4th tie way and continuous-line (**) has a difference in the phase velocity of the orthogonal mode of a tie way, a continuous line (Ha) shows the connection of a tie way the characteristic curve at the time of inserting the transmission line. In addition, the

parameter of a tie way is as follows.

[0071] continuous-line (**) -- (**) (Ha) -- setting -- the characteristic impedance Z_e of the even symmetric mode of a tie way -- Z_e -- the characteristic impedance Z_o of 121 ohms and an odd symmetric mode is $Z_o=21\text{ohm}$, and the line length L_1 is $L_1 = 1.987\text{mm}$.

[0072] Moreover, in continuous-line (b), effective dielectric constant ϵ_{even} of the even symmetric mode of a tie way and effective dielectric constant ϵ_{odd} of an odd symmetric mode are equal respectively, and are $\epsilon = \epsilon_o = 3.04$. Moreover, in continuous-line (b), $\epsilon_{\text{even}}=4.22$ and effective dielectric constant ϵ_{odd} of an odd symmetric mode of effective dielectric constant ϵ_{even} of the even symmetric mode of a tie way are $\epsilon_{\text{odd}}=3.04$. Moreover, in a continuous line (Ha), effective dielectric constant ϵ_{even} of the even symmetric mode of a tie way and effective dielectric constant ϵ_{odd} of an odd symmetric mode are equal respectively, it is $\epsilon = \epsilon_o = 3.04$, and the inductance value L of the inductor to insert is $L=0.11\text{nH}$.

[0073] Drawing 20 (a) and (b) show that it is the symmetry mostly considering (b) as a core, when change of the amplitude at the time of inserting an inductor with change of the amplitude of (**) and a phase when a difference is in the phase velocity of a tie way (Ha), and a phase does not have a difference in the phase velocity of a tie way. Therefore, although the characteristic impedance of the even symmetric mode of a junction line and loss are the same as usual, the simple configuration which inserts an inductor in a part of transmission line of the direction which has the joint terminal of a tie way and an isolation terminal in a gap of the phase of MACHANDOBARAN produced based on a difference being in the phase velocity of orthogonal mode and the amplitude can amend.

[0074] From the above thing, the balun circuit of this 7th operation gestalt By the configuration which inserted the inductor in a part of transmission line of the direction with the joint terminal (G, C') of a tie way, and an isolation terminal (C, G') Like the 1st operation gestalt, when a signal is inputted from a terminal 1, it turns out that it functions on a terminal 2 and a terminal 3 with this amplitude as

MACHANDOBARAN to which the signal with which phases differ 180 degrees is outputted.

[0075] Hereafter, actuation of the balun circuit (MACHANDOBARAN) of the 7th operation gestalt is explained with reference to drawing 21 . Drawing 2121 shows the phase contrast and the amplitude difference when making the line length of $L_{40}=0.11\text{nH}$ and a tie way into 0.75λ (quarter-wave length) for the value L_{40} of the inserted inductor (40 41). A thick continuous line is the property of the balun at the time of the configuration of this 7th operation gestalt, and a thin continuous line is the property of the balun of the conventional configuration.

[0076] Although it is a thing in case phase velocity has the relation of the phase velocity of the phase-velocity < odd symmetric mode of even symmetric mode as for drawing 21 , it turns out that the amplitude and phase shift of an output signal of a balun become small. Moreover, drawing 21 shows the case where the line length of a tie way is made shorter than quarter-wave length. Therefore, by considering as the balun circuit of a configuration of inserting an inductor in a part of transmission line of the direction with the joint terminal and isolation terminal of a tie way, the amplitude and phase shift of an output signal of a balun can be made small, and a band can be expanded.

[0077] Furthermore, much more miniaturization of a balun circuit is realizable by making the line length of a tie way into a value (it setting up more highly than the value of a request of the number of main **** of a balun) shorter than $1/4$ wave. With this 7th operation gestalt, although only the equal circuit was shown, even if constituted on the KOPURENA line in the configuration of the above-mentioned three-dimension MMIC or the micro stripe mold MMIC, and a pan, there is same effectiveness. Moreover, even if it bends a tie way the shape of a meander, and in the shape of a spiral and forms it for much more miniaturization, it has the same effectiveness.

[0078] (The 8th operation gestalt) Drawing 22 is the block diagram of the balance mold frequency converter of the operation gestalt corresponding to claim 8 of this invention. That is, this 8th operation gestalt is related with the balance mold

frequency converter using any one MACHANDOBARAN of seven operation gestalten explained above. This balance mold frequency converter is equipped with the frequency converter 21 of any one MACHANDOBARAN [20 or 2] of seven operation gestalten of this invention, and the Wilkinson divider 22 in drawing 22 . MACHANDOBARAN 20 distributes mutually LO signal (a game dispatch numbers) impressed to LO input terminal due to an opposite phase to one input edge of two frequency converters 21. Two frequency converters 21 carry out frequency conversion of the IF signal (intermediate frequency band signal) impressed to IF input terminal of another side according to LO signal from MACHANDOBARAN 20, and output it to the Wilkinson divider 22. The Wilkinson divider 22 is in phase, compounds the output of two frequency converters 21, and outputs a RF signal (RF band signal) to RF appearance mosquito terminal. [0079] It is oppressed that LO signal is leaked and outputted to RF output terminal since LO signal by which the balance mold frequency converter of this 8th operation gestalt is impressed to LO input terminal by the above configuration is given to two frequency converters by the opposite phase of an equal amplitude. That is, although it is realizable by three-dimension MMIC structure, the micro stripe mold MMIC, and coplanar type MMIC, by using MACHANDOBARAN concerning the operation gestalt of this invention, the balance mold frequency converter of the above-mentioned configuration can oppress the leakage of LO signal substantially, and it can miniaturize and it can broadband-ize a circuit.

[0080]

[Effect of the Invention] As explained above, the balun circuit of this invention In MACHANDOBARAN realized on semi-conductor substrates, such as GaAs and Si the connection and touch-down which insert the transmission line in the connection of a tie way -- capacity is inserted between conductors -- Since it is the configuration which inserts the transmission line which does not constitute a tie way, and an inductor in a part of transmission line of the direction which furthermore has the joint terminal and isolation terminal of a tie way, although the characteristic impedance of even symmetric mode and loss are the same as

usual, they can make small the amplitude difference and phase contrast of an output signal.

[0081] Moreover, with the transmission line and capacity to insert, since the phase contrast between the output terminals of a balun can be amended, phase balance can be maintained over a broadband. Furthermore, since it becomes unnecessary to make the thickness of interchange digitization of a tie way or a MMIC substrate increase like MACHANDOBARAN by which the former was improved, it can miniaturize. Therefore, it can oppress that a station dispatch number begins to leak to a RF outgoing end 180 degrees with the balance mold frequency converter using the balun circuit concerning this invention as a signal distribution circuit.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is circuitry drawing (perspective view) of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 1, 5, and 7 of this invention.

[Drawing 2] It is the representative circuit schematic of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 1, 5, and 7 of this invention.

[Drawing 3] It is the explanatory view of the basic actuation at the time of connecting a tie way using the transmission line. (a) is amplitude characteristic drawing (calculated value) and (b) phase characteristic drawing (calculated value).

[Drawing 4] It is related drawing of the line length of the 1st transmission line, and a fractional bandwidth.

[Drawing 5] It is frequency-characteristics drawing of the amplitude difference and phase contrast at the time of making the line length of the 1st transmission line into constant value.

[Drawing 6] It is related drawing (calculated value) of a band of operation to the line length of the tie way which constitutes MACHANDOBARAN.

[Drawing 7] It is the perspective view showing the configuration of MACHANDOBARAN (KOPURENA line mold) of the operation gestalt corresponding to claims 1 and 6 of this invention.

[Drawing 8] It is circuitry drawing (perspective view) of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 2, 5, and 7 of this invention.

[Drawing 9] It is the representative circuit schematic of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 2, 5, and 7 of this invention.

[Drawing 10] the connection of a tie way, and touch-down -- it is the explanatory view of the basic actuation at the time of forming capacity between conductors. (a) is amplitude characteristic drawing (calculated value) and (b) phase characteristic drawing (calculated value).

[Drawing 11] It is related drawing of capacity value and a fractional bandwidth.

[Drawing 12] It is frequency-characteristics drawing of the amplitude and phase at the time of making capacity value into constant value.

[Drawing 13] It is circuitry drawing (perspective view) of MACHANDOBARAN (KOPURENA line mold) of the operation gestalt corresponding to claims 2 and 6 of this invention.

[Drawing 14] It is circuitry drawing (perspective view) of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 3, 5, and 7 of this invention.

[Drawing 15] It is the representative circuit schematic of MACHANDOBARAN of the operation gestalt corresponding to claims 3, 5, and 7 of this invention.

[Drawing 16] It is the explanatory view of the basic actuation at the time of inserting in a part of transmission line with the joint terminal of a tie way, and an isolation terminal the transmission line which does not constitute a tie way. (a) is amplitude characteristic drawing (calculated value), and (b) is phase characteristic drawing (calculated value).

[Drawing 17] It is frequency-characteristics drawing of the amplitude difference and phase contrast at the time of setting constant the line length of the inserted transmission line and a tie way.

[Drawing 18] It is the perspective view showing the configuration of MACHANDOBARAN (KOPURENA line mold) of the operation gestalt corresponding to claims 3 and 6 of this invention.

[Drawing 19] It is the representative circuit schematic showing the configuration of MACHANDOBARAN of the 7th operation gestalt corresponding to claims 4, 5, 6, and 7 of this invention.

[Drawing 20] It is the explanatory view of the basic actuation at the time of inserting an inductor in a part of transmission line with the joint terminal of a tie way, and an isolation terminal. (a) is amplitude characteristic drawing (calculated value) and (b) phase characteristic drawing (calculated value).

[Drawing 21] It is frequency-characteristics drawing of the amplitude difference and phase contrast at the time of setting constant the line length of the inserted inductor and a tie way.

[Drawing 22] It is the block diagram of the balance mold frequency converter of the operation gestalt corresponding to claim 8 of this invention.

[Drawing 23] It is the representative circuit schematic of conventional MACHANDOBARAN.

[Drawing 24] It is the mimetic diagram of a voltage-current wave of the standing wave on the 1/2-wave line of conventional MACHANDOBARAN.

[Drawing 25] It is amplitude characteristic drawing of conventional

MACHANDOBARAN.

[Drawing 26] It is phase characteristic drawing of conventional
MACHANDOBARAN.

[Drawing 27] It is the representative circuit schematic of the improved march
YANDO balun.

[Drawing 28] It is the representative circuit schematic of improved
MACHANDOBARAN.

[Description of Notations]

1 1st Tie Way

2 2nd Tie Way

3 1st Transmission Line

4 1st Capacity

5 1st Tie Way

6 2nd Tie Way

7 1st Tie Way

8 2nd Tie Way

10 Touch-down -- Conductor

11 Semi-conductor Substrate

12 1st Dielectric Film

13 2nd Dielectric Film

14 Through Hole

20 MACHANDOBARAN

21 Frequency Converter

22 Wilkinson Divider

31 1st Tie Way

32 2nd Tie Way

33 3rd Tie Way

34 4th Tie Way

35 1st Transmission Line

36 2nd Transmission Line

39 Air Bridge
40 1st Inductor
41 2nd Inductor

[Translation done.]

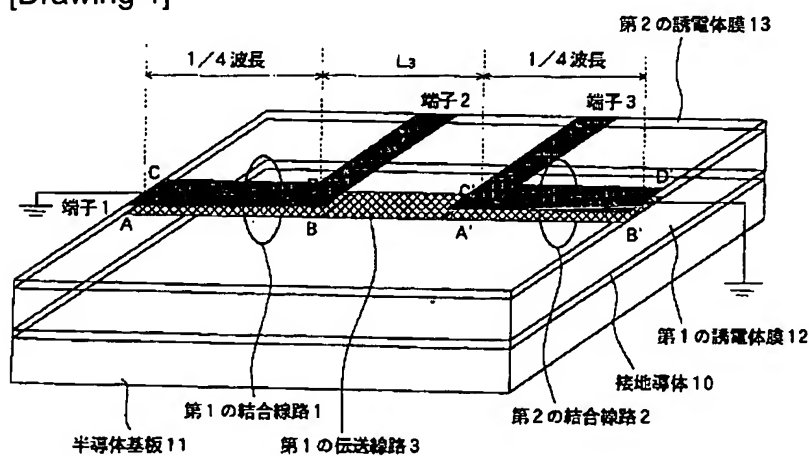
* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

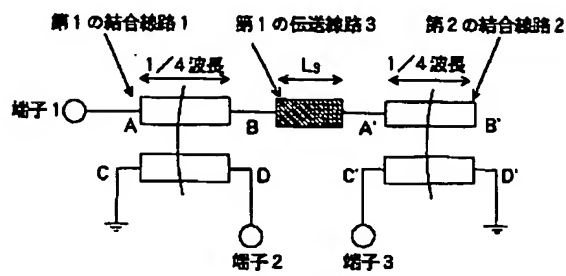
DRAWINGS

[Drawing 1]



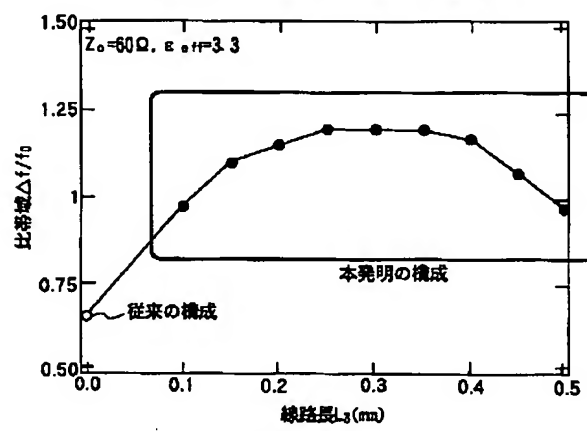
[Drawing 2]

本発明の請求項 1、5、7 に対応する実施形態の等価回路図



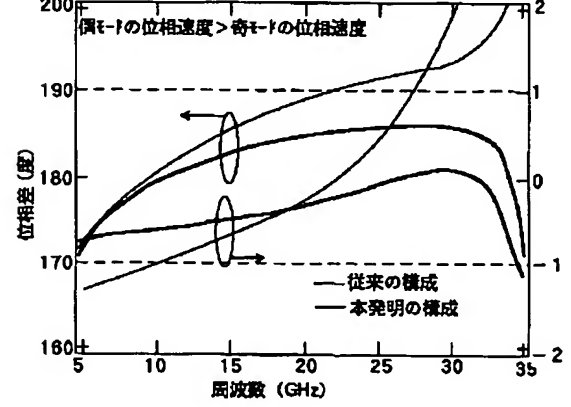
[Drawing 4]

第1の伝送路の線路長と比帯域との関係図

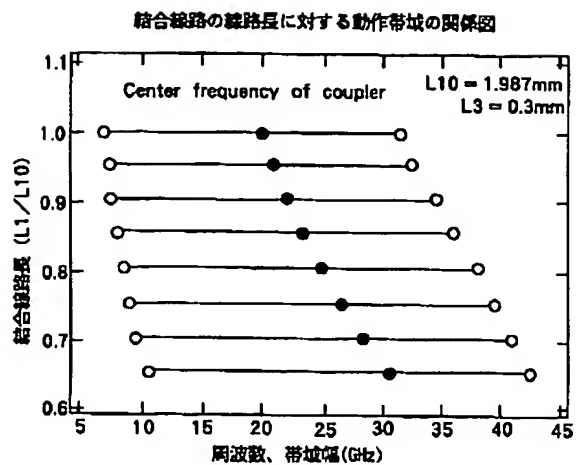


[Drawing 5]

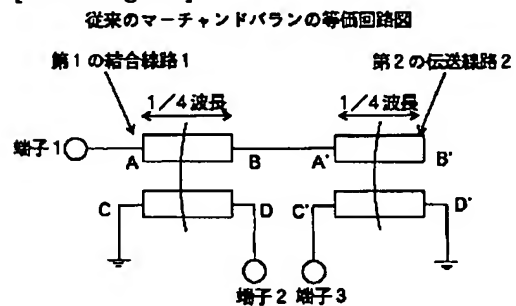
第1の伝送路の線路長を一定値とした場合の振幅・位相の周波数特性



[Drawing 6]

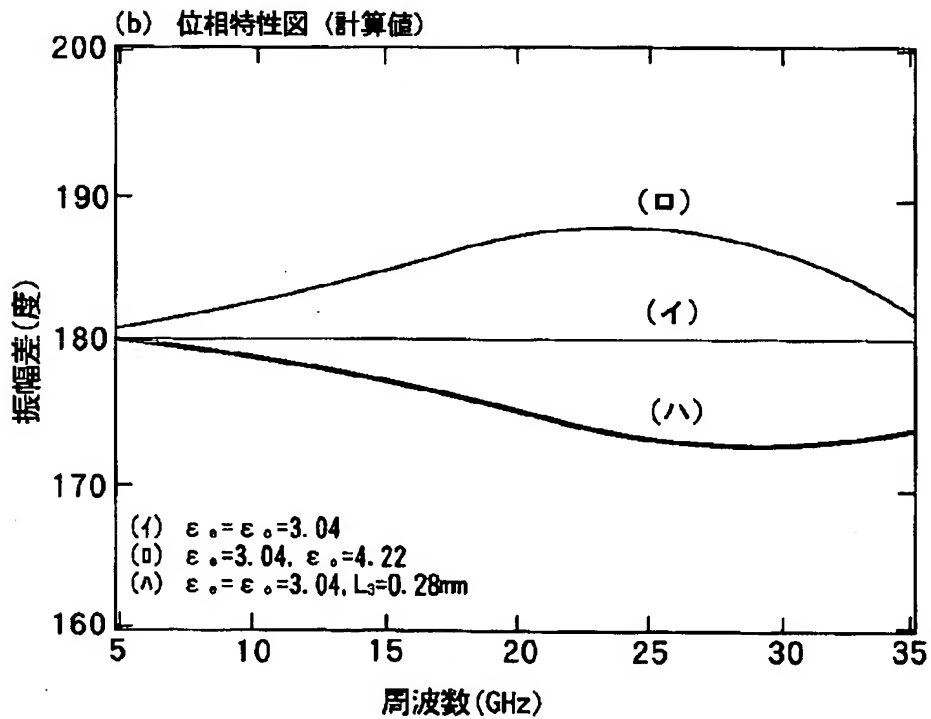
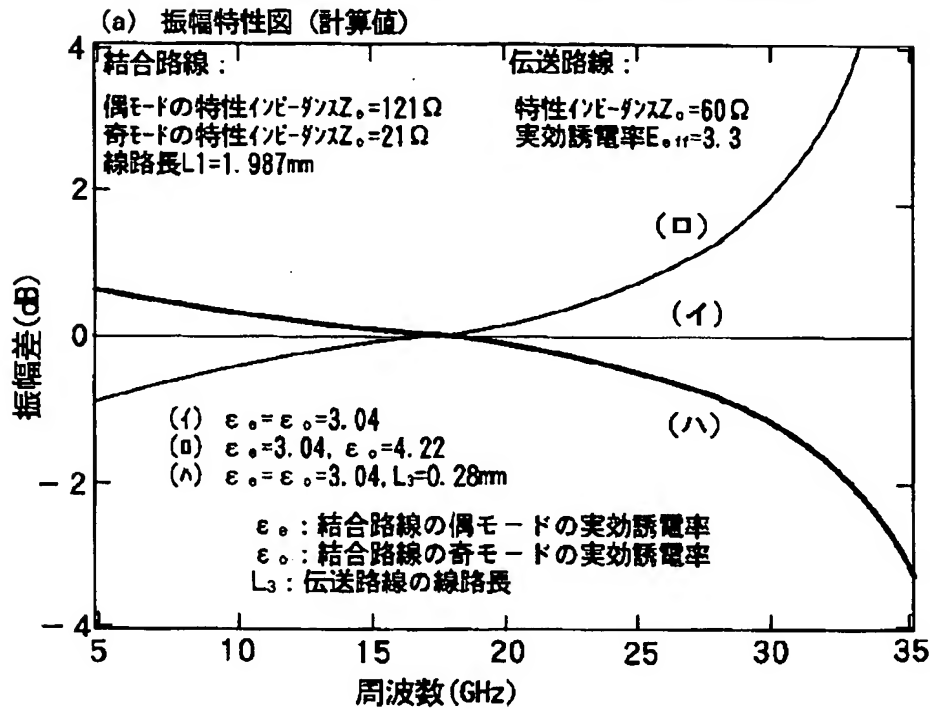


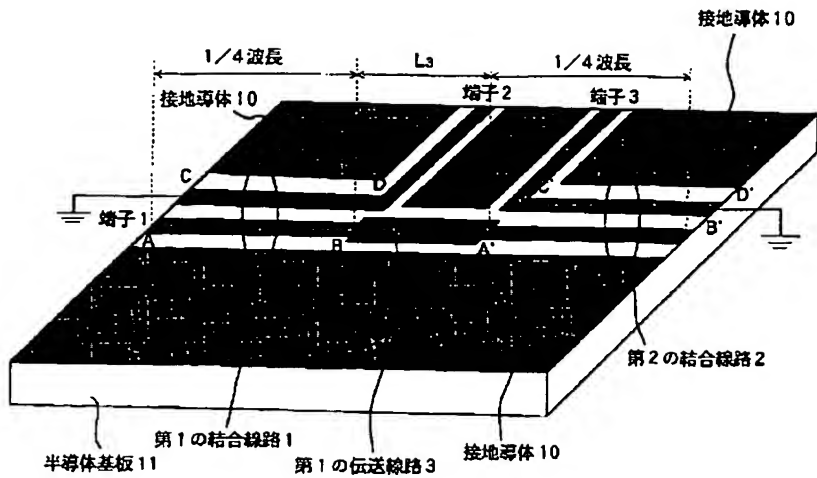
[Drawing 23]



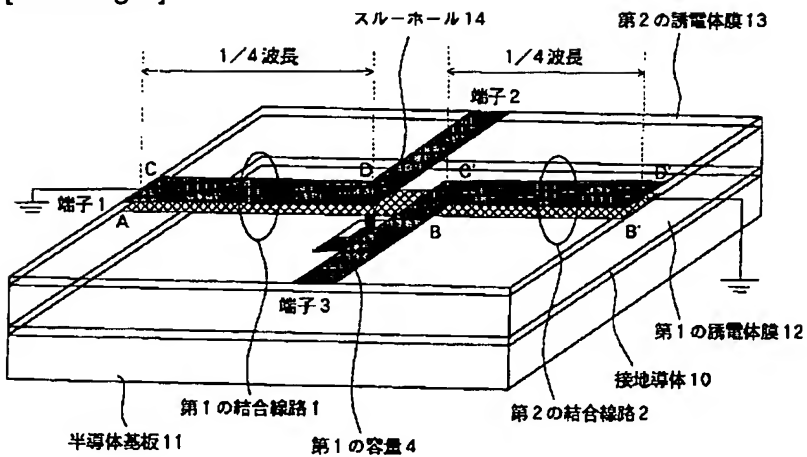
[Drawing 3]

結合線路を伝送線路を用いて接続した場合の基本動作



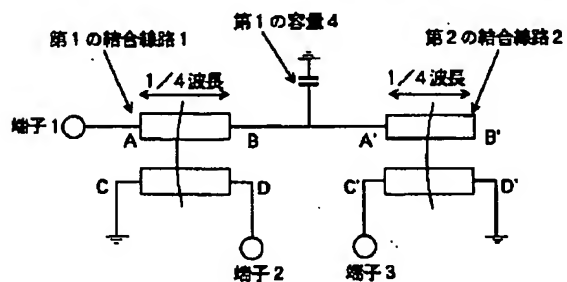


[Drawing 8]

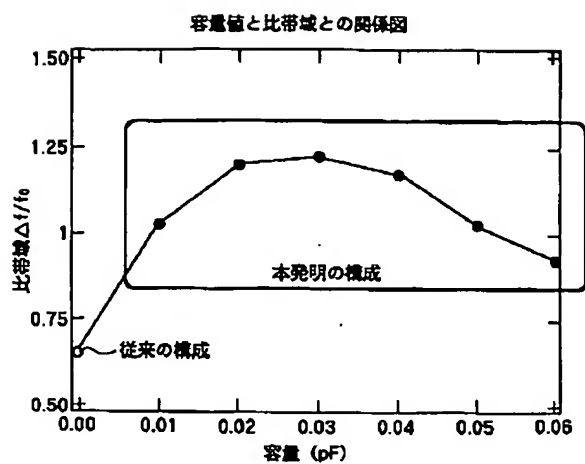


[Drawing 9]

本発明の請求項 2、5、7 に対する実施形態の等価回路成図

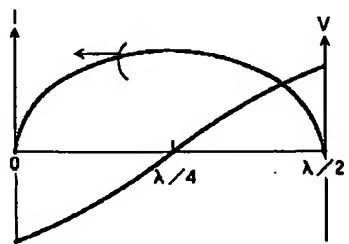


[Drawing 11]



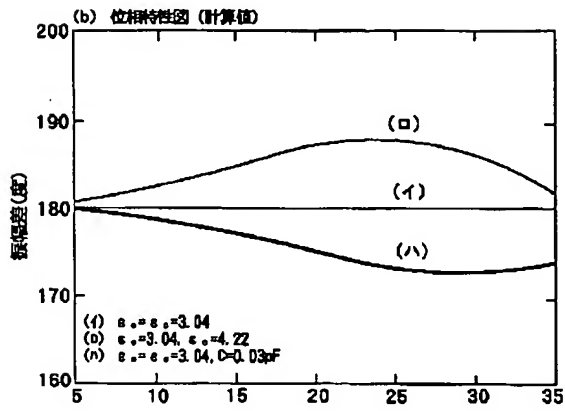
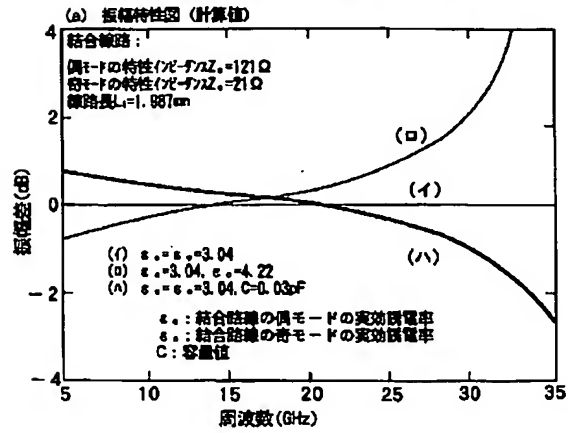
[Drawing 24]

1/2 波長線路上の定住波の電圧・電流波形の模式図

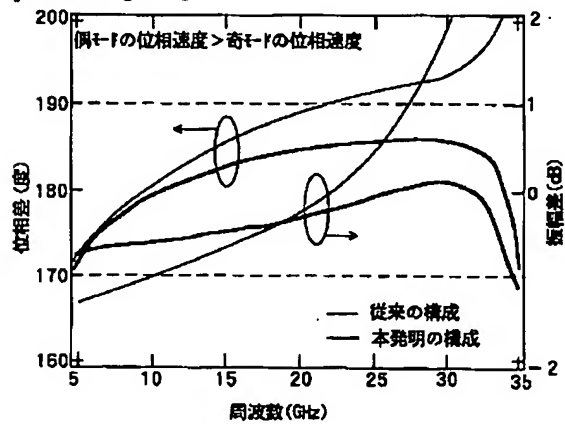


[Drawing 10]

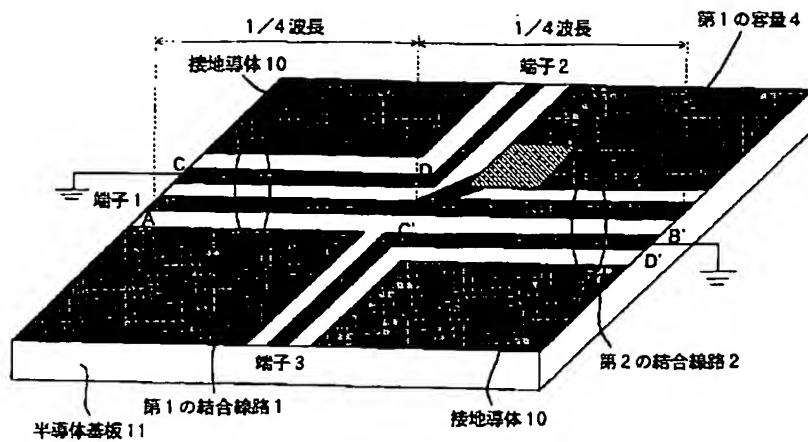
結合線路の接続部と接地導体間に容量を形成した場合の基本動作



[Drawing 12]

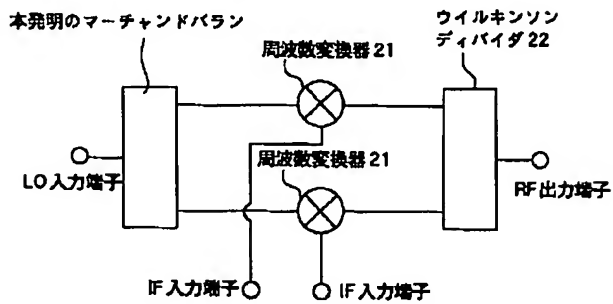


[Drawing 13]

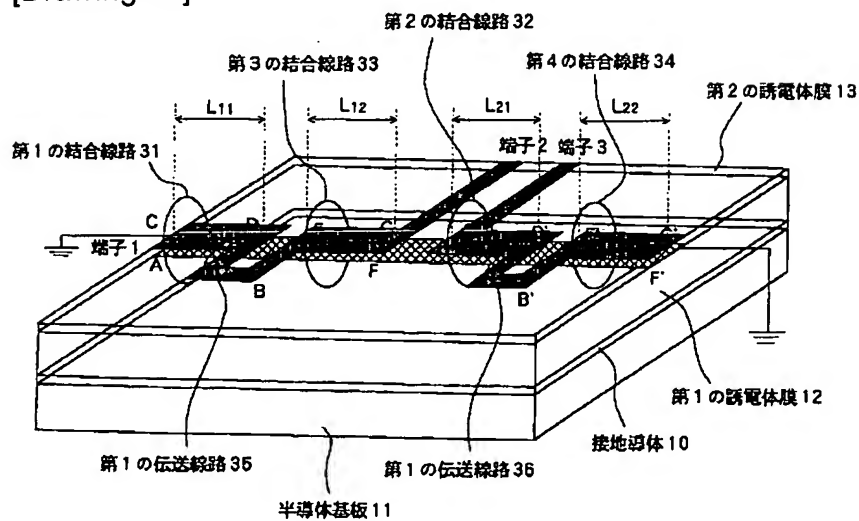


[Drawing 22]

本発明の請求項8に対応する実施形態の回路図

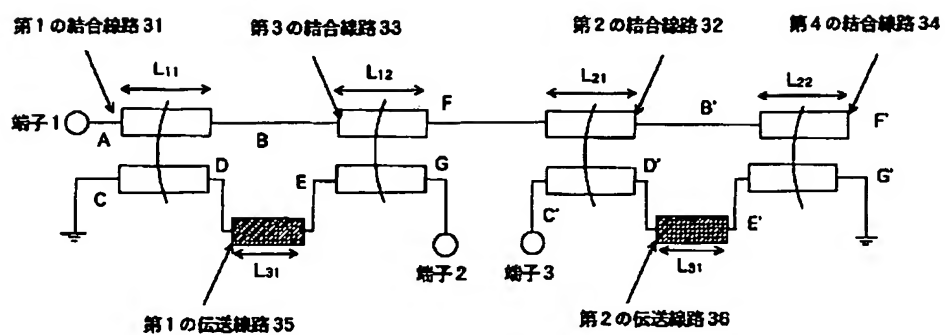


[Drawing 14]

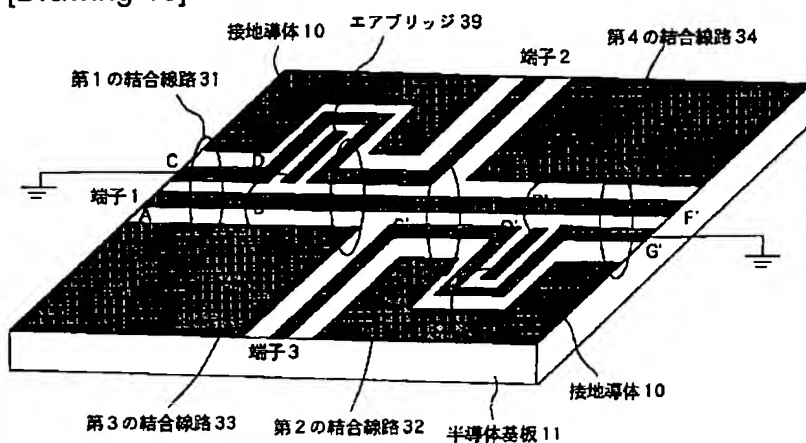


[Drawing 15]

本発明の請求項 3、5、7 に対応する実施形態の等価回路図



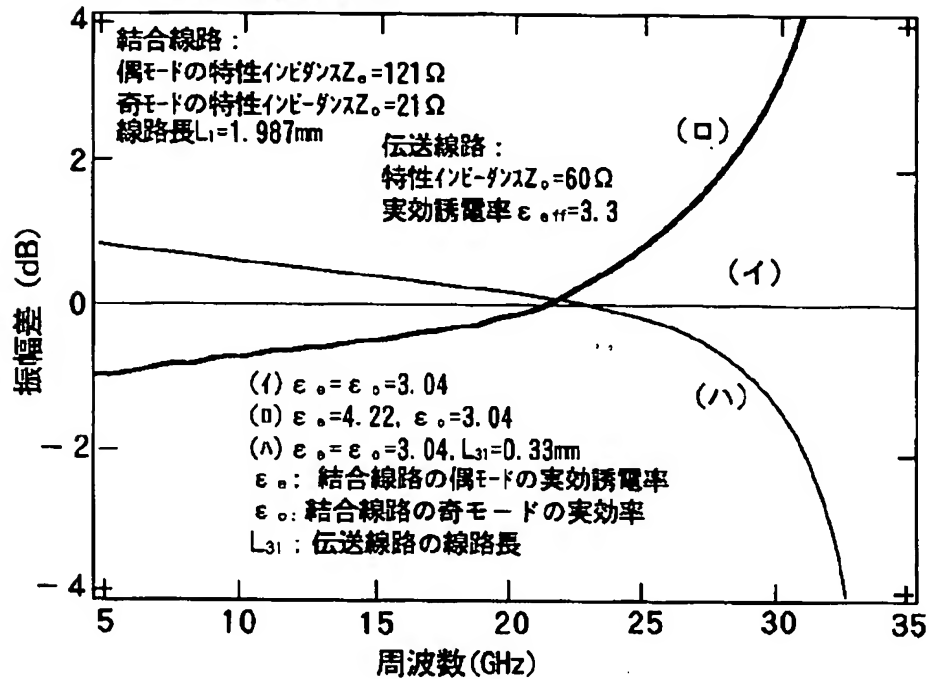
[Drawing 18]



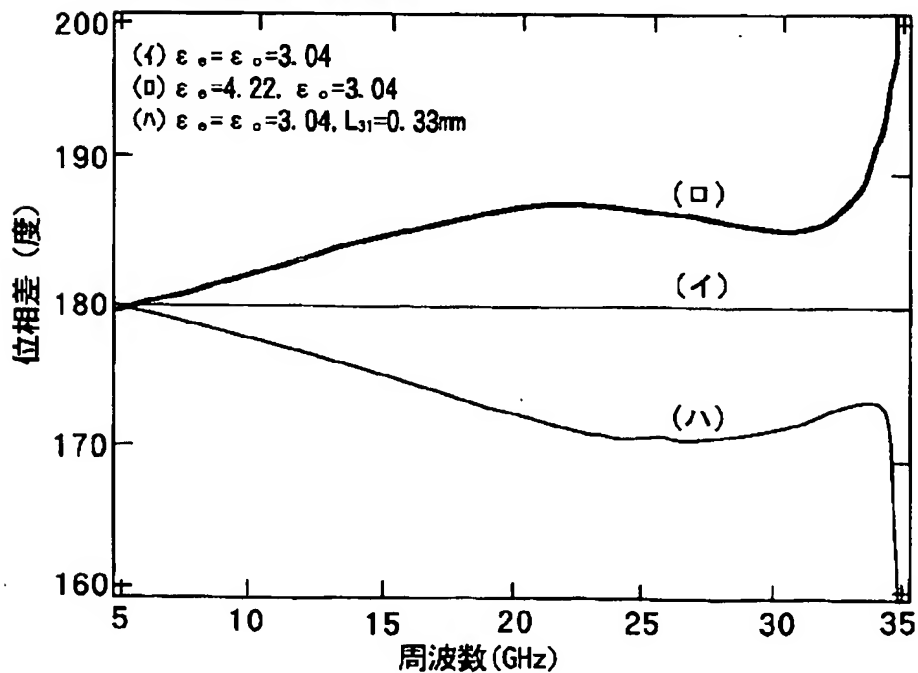
[Drawing 16]

結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある
伝送線路の一部に結合線路を構成しない伝送線路を
挿入した場合の基本動作

(a) 振幅特性図 (計算値)

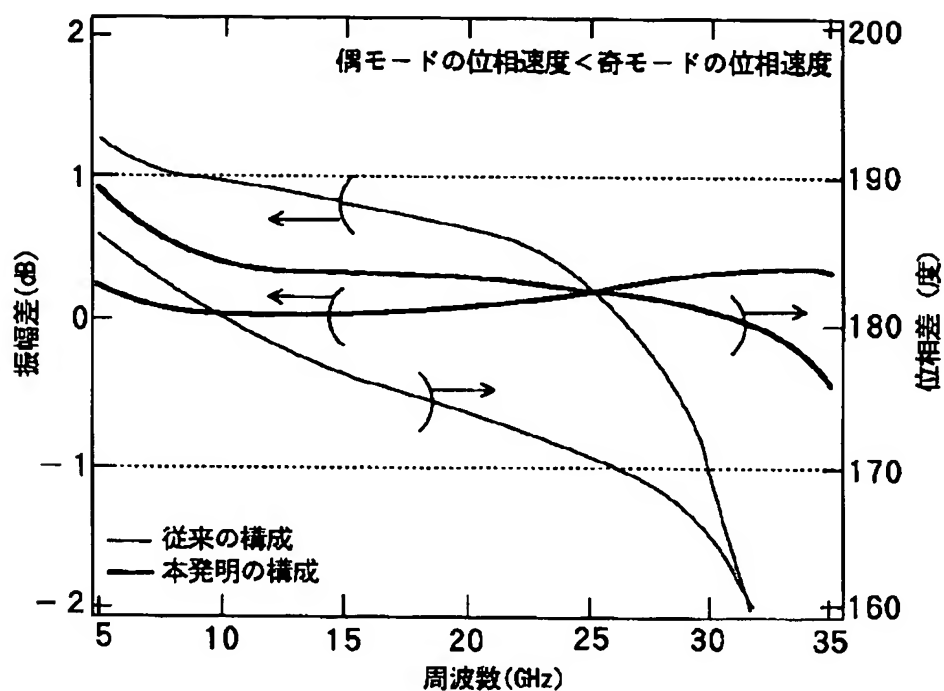


(b) 位相特性図 (計算値)



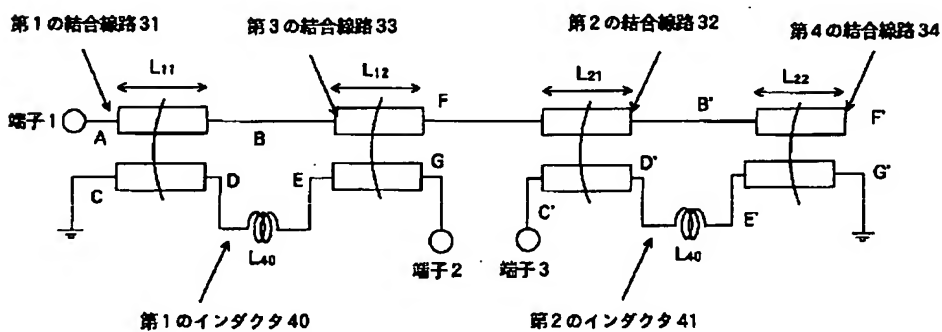
[Drawing 17]

挿入した伝送線路及び結合線路の線路長を一定
とした場合の振幅差・位相差の周波数特性図



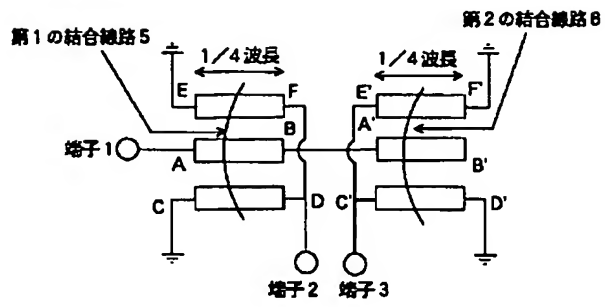
[Drawing 19]

本発明の請求項4、5、6、7に対応する実施形態の等価回路図



[Drawing 27]

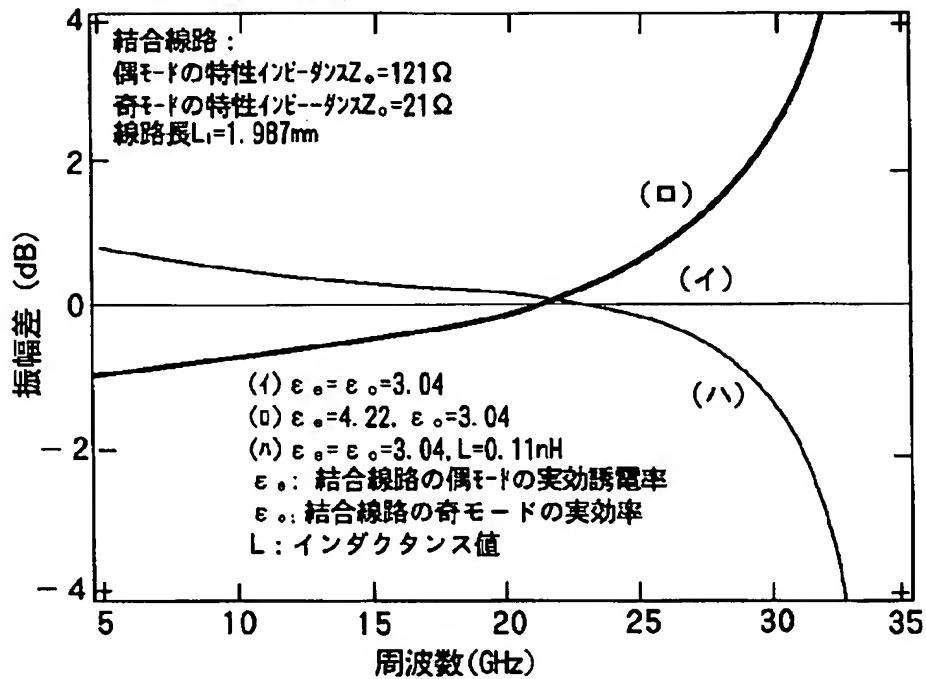
改良されたマーチャンドバランの等価回路図



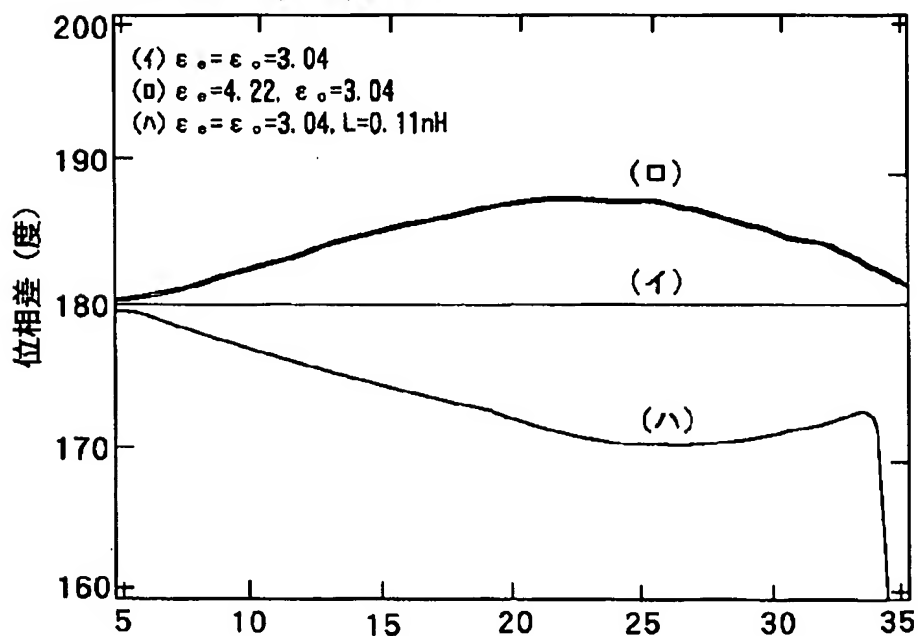
[Drawing 20]

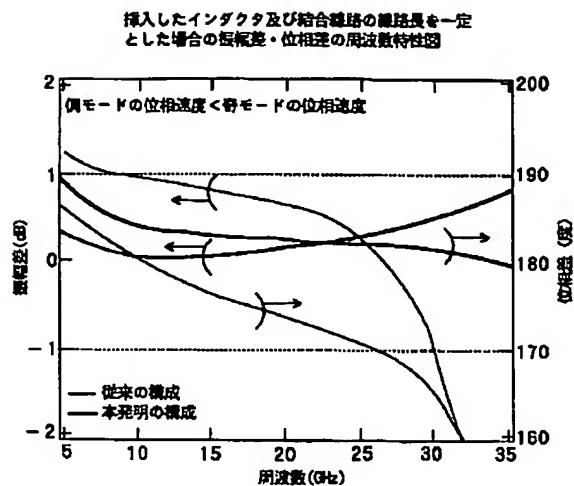
結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある
伝送線路の一部にインダクタを挿入した場合の基本動作

(a) 振幅特性図 (計算値)

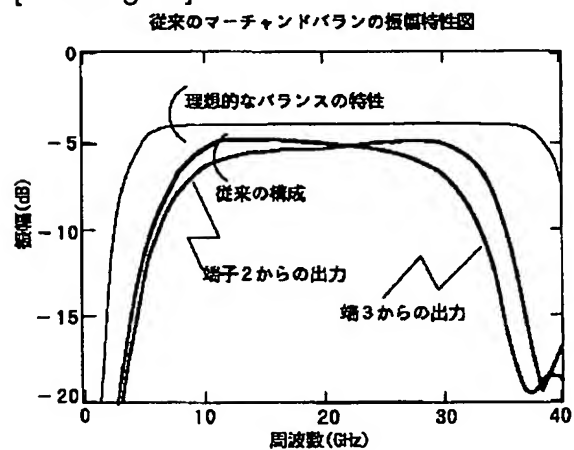


(b) 位相特性図 (計算値)

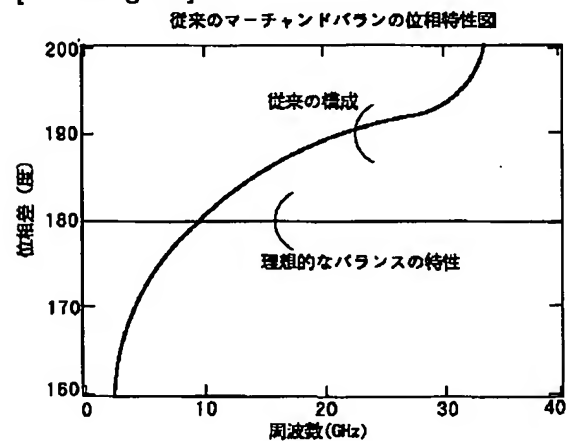




[Drawing 25]

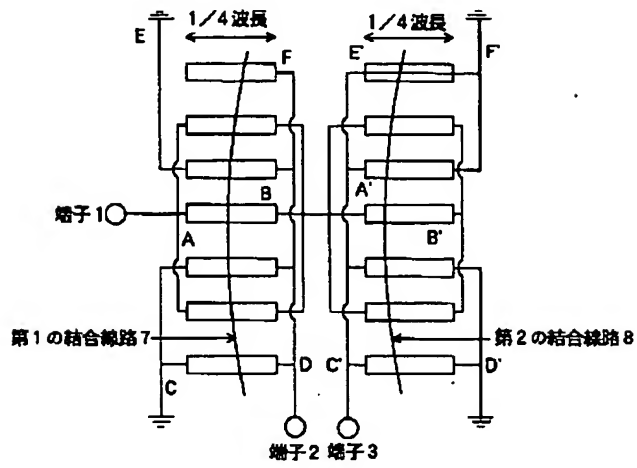


[Drawing 26]



[Drawing 28]

改良されたマーチャンドバランの等価回路図



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-335911

(43) 公開日 平成10年(1998)12月18日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 P 5/10

H 0 1 P 5/10

C

H 0 3 D 9/06

H 0 3 D 9/06

Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平9-161390

(22) 出願日 平成9年(1997)6月18日

(31) 優先権主張番号 特願平9-98501

(32) 優先日 平9(1997)3月31日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 西川 健二郎

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 豊田 一彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 徳満 恒雄

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

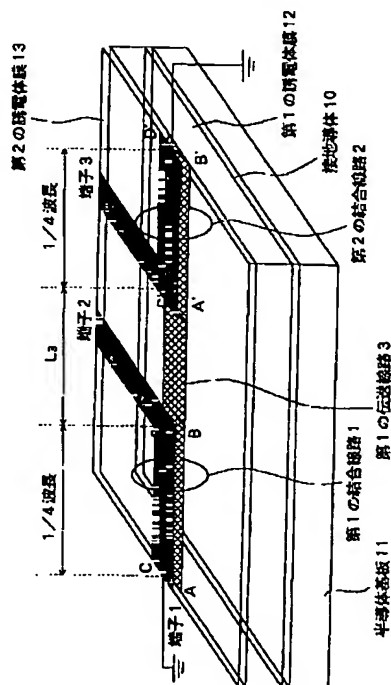
(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

(54) 【発明の名称】 バラン回路及びバラン型周波数変換器

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、MMIC上に形成されるマーチャンドバランにおいて、バラン回路を構成する結合線路の偶モードの特性インピーダンスが大きくてできない、直交モードの位相速度に差がある、損失が大きい、ことによって生じるバランの出力信号の振幅と位相のずれや狭帯域化を簡易な要素の付加によって改善し、出力信号の振幅と位相のずれが小さく、かつ広帯域化、小型化が可能なバラン回路を実現し、それを用いたバラン型周波数変換器を提供する。

【解決手段】 マーチャンドバランを構成する1/4波長の長さを持つ2つの結合線路の接続部に伝送線路を挿入したことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1/4波長の長さを持つ第1の結合線路の第1端子と1/4波長の長さを持つ第2の結合線路の第1端子とを接続し、

前記第1の結合線路の第1端子から見て当該第1の結合線路のアイソレーション端子と、前記第2の結合線路の第1端子から見て当該第2の結合線路のアイソレーション端子とをそれぞれ接地し、

前記第2の結合線路の第1端子から見て当該第2の結合線路の通過端子を開放としたとき、前記第1の結合線路の第1端子から見て当該第1の結合線路の通過端子から信号を入力し、前記第1の結合線路の第1端子及び第2の結合線路の第1端子から見てそれぞれの結合線路の結合端子から信号を取り出すバラン回路において、前記第1の結合線路の第1端子と前記第2の結合線路の第1端子との間に伝送線路を形成したことを特徴とするバラン回路。

【請求項2】 1/4波長の長さを持つ第1の結合線路の第1端子と1/4波長の長さを持つ第2の結合線路の第1端子とを接続し、

前記第1の結合線路の第1端子から見て当該第1の結合線路のアイソレーション端子と、前記第2の結合線路の第1端子から見て当該第2の結合線路のアイソレーション端子とをそれぞれ接地し、

前記第2の結合線路の第1端子から見て当該第2の結合線路の通過端子を開放としたとき、前記第1の結合線路の第1端子から見て当該第1の結合線路の通過端子から信号を入力し、前記第1の結合線路の第1端子及び第2の結合線路の第1端子から見てそれぞれの結合線路の結合端子から信号を取り出すバラン回路において、前記第1の結合線路の第1端子と前記第2の結合線路の第1端子との接続部と接地導体との間に容量を形成したことを特徴とするバラン回路。

【請求項3】 1/4波長の長さを持つ第1の結合線路の第1端子と1/4波長の長さを持つ第2の結合線路の第1端子とを接続し、

前記第1の結合線路の第1の端子から見て当該第1の結合線路のアイソレーション端子と、前記第2の結合線路の第1端子から見て当該第2の結合線路のアイソレーション端子とをそれぞれ接地し、

前記第2の結合線路の第1端子から見て当該第2の結合線路の通過端子を開放としたとき、前記第1の結合線路の第1端子から見て当該第1の結合線路の通過端子から信号を入力し、前記第1の結合線路の第1端子及び第2の結合線路の第1端子から見てそれぞれの結合線路の結合端子から信号を取り出すバラン回路において、

前記第1の結合線路及び第2の結合線路のそれぞれの結合端子とアイソレーション端子とを持つ方の伝送線路の一部に、それぞれ結合線路を構成しない伝送線路を挿入したことを特徴とするバラン回路。

【請求項4】 1/4波長の長さを持つ第1の結合線路の第1端子と1/4波長の長さを持つ第2の結合線路の第1端子とを接続し、

前記第1の結合線路の第1端子から見て当該第1の結合線路のアイソレーション端子と、前記第2の結合線路の第1端子から見て当該第2の結合線路のアイソレーション端子とをそれぞれ接地し、

前記第2の結合線路の第1端子から見て当該第2の結合線路の通過端子を開放としたとき、前記第1の結合線路の第1端子から見て当該第1の結合線路の通過端子から信号を入力し、前記第1の結合線路の第1端子及び第2の結合線路の第1端子から見てそれぞれの結合線路の結合端子から信号を取り出すバラン回路において、前記第1の結合線路及び第2の結合線路のそれぞれの結合端子とアイソレーション端子とを持つ方の伝送線路の一部に、それぞれインダクタを挿入したことを特徴とするバラン回路。

【請求項5】 請求項1乃至請求項4の何れか1項に記載のバラン回路において、

前記第1の結合線路及び第2の結合線路は、半導体基板裏面に接地導体、表面に信号線路を形成するマイクロストリップ線路で形成されることを特徴とするバラン回路。

【請求項6】 請求項1乃至請求項4の何れか1項に記載のバラン回路において、

前記第1の結合線路及び第2の結合線路は、半導体基板表面に接地導体と信号線路の両方を形成するコプレーナ線路で形成されることを特徴とするバラン回路。

【請求項7】 請求項1乃至請求項4の何れか1項に記載のバラン回路において、

前記第1の結合線路及び第2の結合線路は、多層に積層された誘電体膜上に形成されることを特徴とするバラン回路。

【請求項8】 局発信号を180度の位相差で等分配する180度信号分配回路と、前記180度信号分配回路の2出力をそれぞれ受けてIF信号の周波数を変換する周波数変換器と、前記変換された信号を合成する信号合成回路とで構成されるバランス型周波数変換器において、

前記180度信号分配回路は、請求項1乃至請求項7の何れか1項に記載のバラン回路で形成されることを特徴とするバランス型周波数変換器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、MMIC上に他の能動回路等と同時に形成され、例えば1GHz以上の高周波信号を分配合成するバラン回路及びそのバラン回路を利用したバランス型周波数変換器に関する。

【0002】

【従来の技術】バラン回路は、例えば1GHz以上の高周波信号を分配合成する電気回路として用いられる。一般に、高出力増幅器やバランス型周波数変換器（バランス型ミキサ）その他の高周波回路において、単位ユニットとなる増幅器やミキサを2つ以上使用して回路を構成し、高周波信号を各单位ユニットとなる増幅器やミキサに180度位相をずらして等分配または各单位ユニットから180度位相をずらして等合成する必要がある。そのために、高周波信号を180度位相をずらして分配合成する分配／合成回路を単位ユニットの入力側または出力側に設け、高周波回路を構成している。

【0003】図23は、従来のマーチャンドバランの等価回路図である。この図23に示すマーチャンドバランは、位相を180度ずらして信号を合成分配するバラン回路であり、R.Schwindtが報告しているものである(1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.389-391)。図23において、この従来のマーチャンドバランは、1/4波長の長さを持つ第1の結合線路1の第1端子Bと1/4波長の長さを持つ第2の結合線路2の第1端子A'とを接続し、第1の結合線路1の第1端子Bから見て当該第1の結合線路1のアイソレーション端子Cを接地すると共に、第2の結合線路2の第1端子A'から見て当該第2の結合線路2のアイソレーション端子D'を接地し、第2の結合線路2の第1端子A'から見て第2の結合線路2の通過端子B'を開放としたとき、第1の結合線路1の第1端子Bから見て通過

端子A（端子1）から信号を入力し、第1の結合線路1の第1端子Bから見て第1の結合線路1の結合端子D（端子2）及び第2の結合線路2の第1端子A'から見て第2の結合線路2の結合端子C'（端子3）からそれぞれ信号を取り出すようになっている。

【0004】図24は、結合線路が接続された側（A～B'）の1/2波長伝送線路上の定在波の電圧、電流波形を模式的に示したものである。電流Iは、1/4波長の位置である接続部B（A'）で最大となり、電圧Vは、0となる。さらに、電圧Vは、接続部B（A'）の前後では等振幅で逆位相となる。このとき、D端とC'端は、それぞれ、B端とA'端から見たときの結合端子となっているので、B端・A'端での電圧Vは、等振幅で互いに逆位相となる。

【0005】つまり、上記構成で、端子1から入力した信号は、端子2と端子3に180度の位相差をもって等振幅で出力される。図23に示す従来のマーチャンドバランの特性は、何れも計算値であるが、図25（出力振幅特性）、図26（位相特性）に示すようになっている。両図において、太い実線は、従来の構成による特性（端子2・3からの出力振幅、位相差）を示し、細い実線は、理想的なバランの特性を示す。計算に用いた結合線路のパラメータは、以下に示す通りである。従来の構成のパラメータによって求めた計算結果は、測定値と良く一致している。

【0006】

(1) 従来の構成の結合線路パラメータ

$Z_e = 121\Omega$: 偶モードの特性インピーダンス
$Z_o = 21\Omega$: 奇モードの特性インピーダンス
$\epsilon_e = 3.02$: 偶モードの実効誘電率
$\epsilon_o = 4.22$: 奇モードの実効誘電率
$\alpha_e = 0.15\text{ dB/mm@10GHz}$: 偶モードの損失
$\alpha_o = 0.60\text{ dB/mm@10GHz}$: 奇モードの損失

(2) 理想的なバランの結合線路パラメータ（無損失線路）

$Z_e = 500\Omega$: 偶モードの特性インピーダンス
$Z_o = 21\Omega$: 奇モードの特性インピーダンス
$\epsilon_e = 3.02$: 偶モードの実効誘電率
$\epsilon_o = 3.02$: 奇モードの実効誘電率

図25、図26から、図23に示すマーチャンドバランは、出力信号の振幅と位相のずれが大きく、動作帯域が狭くなっていることがわかる。これは、上記パラメータの比較から理解できるように、GaAsやSiなどの半導体基板上にFET等の能動素子と同時に受動回路を形成するマイクロストリップ型MMICやユニプレーナ型MMIC、また上記半導体基板上に多層に誘電体膜を形成し、誘電体膜上に回路を形成する多層化及び3次元MMICにおいては、マーチャンドバランを構成する結合線路の偶モードの特性インピーダンスが小さく原理的に大きくできないこと、直交モードの位相速度に差がある

こと、さらにマーチャンドバランを構成する伝送線路の損失が導波管や同軸線路を用いて実現される高周波回路に比較して大きい（概ね0.1dB/mm以上）こと、等に起因するものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように、MMIC上に形成されるマーチャンドバランでは、バランを構成する結合線路の偶モードの特性インピーダンスを大きくできないことと直交モードの位相速度に差があることによって、バランの出力信号の振幅と位相のずれが大きくなり、動作帯域が狭くなるという問題があり、さらに、

バランを構成する伝送線路の損失が大きいことも出力信号の振幅と位相のずれの拡大や動作帯域の帯域化を生じる原因となっていた。

【0008】そこで、例えば図27、図28に示すような、MMIC上に実現された改良されたマーチャンドバランが提案されている。図27は、S.A.Massが提案しているものである(IEEE Trans.on MTT-41, No12, pp.2330-2335, Dec., 1993)。また、図28は、Y.I.Ryuが提案しているものである(1995 IEEE Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium Digest, pp.155-158)。

【0009】これらの改良された構成では、マーチャンドバランを構成する結合線路がインタディジタル型で形成され、かつ基板厚が通常より厚い半導体基板上に形成されている。これによって、偶モードの特性インピーダンスを大きくでき、かつ両モードの位相速度を近づけることができ、図23に示した従来の構成よりも良好な回路特性を得ることができる。

【0010】しかしながら、図27、図28の構成では、結合線路を構成する線路数が増加し、かつ基板厚が厚いために伝送線路幅が大きくなるので、回路の小型化が困難であるという問題があった。

【0011】本発明の目的は、MMIC上に形成されるマーチャンドバランにおいて、バラン回路を構成する結合線路の偶モードの特性インピーダンスを大きくできない、直交モードの位相速度に差がある、損失が大きい、ことによって生じるバランの出力信号の振幅と位相のずれや狭帯域化を簡易な要素の付加によって改善し、出力信号の振幅と位相のずれが小さく、かつ広帯域化、小型化が可能なバラン回路を実現し、それを用いたバランス型周波数変換器を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、マーチャンドバランを構成する1/4波長の長さを持つ2つの結合線路の接続部に伝送線路を挿入したことを特徴とする。請求項2に記載の発明は、マーチャンドバランを構成する1/4波長の長さを持つ2つの結合線路の接続部と接地導体との間に容量を挿入したことを特徴とする。

【0013】請求項3に記載の発明は、マーチャンドバランを構成する1/4波長の長さを持つ2つの結合線路のそれぞれにおいて結合端子とアイソレーション端子を持つ方の伝送線路の一部に、結合線路を構成しない伝送線路をそれぞれ挿入したことを特徴とする。請求項4に記載の発明は、マーチャンドバランを構成する1/4波長の長さを持つ2つの結合線路のそれぞれにおいて結合端子とアイソレーション端子を持つ方の伝送線路の一部に、インダクタをそれぞれ挿入したことを特徴とする。

【0014】請求項5に記載の発明は、請求項1乃至請求項4に記載のバラン回路において、マーチャンドバ

ランを構成する1/4波長の長さを持つ2つの結合線路のそれぞれをマイクロストリップ線路で形成したことを特徴とする。請求項6に記載の発明は、請求項1乃至請求項4の何れか1項に記載のバラン回路において、マーチャンドバランを構成する1/4波長の長さを持つ2つの結合線路のそれぞれをコプレーナ線路で形成したことを特徴とする。

【0015】請求項7に記載の発明は、請求項1乃至請求項4に記載のバラン回路において、マーチャンドバランを構成する1/4波長の長さを持つ2つの結合線路のそれぞれを多層に積層された誘電体膜上に形成したことを特徴とする。請求項8に記載の発明は、バランス型周波数変換器において、180度信号分配回路が、請求項1乃至請求項7の何れか1項に記載のバラン回路で形成されることを特徴とする。

【0016】マーチャンドバランでは、バランを構成する1/4波長の長さを持つ2つの結合線路の直交モードの位相速度に差がある場合には、バランの出力信号の振幅、位相のずれが生じる。一方、偶モード/奇モードの位相速度は、そのモードの単位長当たりの容量として求めることができるので、何れの形式のMMICを採用するかによって、当該MMICにおける結合線路の偶モードの位相速度と奇モードの位相速度との大小関係は特定できる。

【0017】そこで、本発明では、結合線路の偶モードの位相速度が奇モードの位相速度よりも大きい場合には、偶モードの位相速度が小さくなるように補正する伝送線路(請求項1)または容量(請求項2)を付加し、逆に、結合線路の偶モードの位相速度が奇モードの位相速度よりも小さい場合には、偶モードの位相速度が大きくなるように補正する伝送線路(請求項3)またはインダクタ(請求項4)を付加する。

【0018】その結果、バラン回路の出力信号の振幅、位相のずれを小さくでき、位相バランスを広帯域にわたって保つことができる。また、伝送線路、容量、インダクタという簡易かつ回路規模を大きくしないで済む要素の付加によって実現できるので、小型化が可能となる。したがって、バランス型周波数変換器において、本発明に係るバラン回路を180度信号分配回路として用いれば(請求項8)、周波数変換器に対し局発信号を等振幅で、逆位相に分配できるので、局発信号が高周波出力端に漏れて出力されるのを抑制できる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

(第1実施形態)図1、図2は、本発明の請求項1、5、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの構成を示す図である。図1は斜視図、図2は等価回路図である。この第1実施形態は、3次元MMIC構造のマーチャンドバランに関する。なお、両図において、端子1、

2、3、A～D及びA'～D'の符号は、対応した位置を示している。また、これらの符号は、従来例(図23)で使用したものと対応している。

【0020】図1、図2において、半導体基板11の上には接地導体10が積層され、接地導体10上には第1の誘電体膜12が積層される。この第1の誘電体膜12の上面には、図中左から右に向かって、第1の結合線路1の下層配線、第1の伝送線路3、第2の結合線路2の下層配線が、それぞれ形成される。第1の結合線路1及び第2の結合線路2の線路長は、それぞれ1/4波長である。

【0021】第1の結合線路1の下層配線は、図中左方の一端が通過端子Aであり、他端が第1端子Bである。通過端子Aは、信号入力端子1に接続される。また、第2の結合線路2の下層配線は、図中右方の一端が通過端子B'であり、他端が第1端子A'である。この第1実施形態では、第1の結合線路1の下層配線の他端(第1端子)Bと第2の結合線路2の下層配線の他端(第1端子)A'とを、第1の伝送線路3で接続する構成としてある。この第1の伝送線路3の線路長は、任意長 L_3 である。

【0022】このような結合線路の下層配線と第1の伝送線路3が形成された第1の誘電体膜12上に第2の誘電体膜13が積層される。この第3の誘電体膜13の上面には、第1の結合線路1の上層配線、第2の結合線路2の上層配線がそれぞれ形成される。第1の結合線路1の上層配線は、図中左方の一端が接地されるアイソレーション端子Cであり、他端が結合端子Dである。この結合端子Dには、信号出力端子2が接続される。また、第2の結合線路2の上層配線は、図中右方の一端が接地されるアイソレーション端子D'であり、他端が結合端子C'である。この結合端子C'には、信号出力端子3が接続される。

【0023】図3は、請求項1に記載の発明(結合線路を伝送線路を用いて接続した balan 回路)に対応する第1、第2実施形態の基本動作の説明図である。図3

(a)は振幅特性図(計算値)、図3(b)は位相特性図(計算値)である。図3(a)(b)において、実線(イ)は、マーチャンド balan を構成する第1及び第2の結合線路の直交モードの位相速度に差がない場合、実線(ロ)は、結合線路の直交モードの位相速度に差がある場合、実線(ハ)は結合線路の接続部に伝送線路を挿入した場合の特性曲線をそれぞれ示す。なお、結合線路及び挿入した伝送線路のパラメータは次の通りである。

【0024】実線(イ)(ロ)(ハ)において、結合線路では、偶モードの特性インピーダンス Z_e は、 $Z_e = 121\Omega$ 、奇モードの特性インピーダンス Z_o は、 $Z_o = 21\Omega$ 、線路長 L_1 は、 $L_1 = 1.987\text{mm}$ であり、伝送線路では、特性インピーダンス Z_o は、 $Z_o = 60\Omega$ 、実効誘電率 ϵ_{eff} は、 $\epsilon_{\text{eff}} = 3.3$ である。特

性インピーダンス Z_e 、 Z_o の値は、前述した従来例の場合と同様である。

【0025】また、実線(イ)において、結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、それぞれ等しく、 $\epsilon_e = \epsilon_o = 3.04$ である。また、実線(ロ)において、結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e は、 $\epsilon_e = 3.04$ 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、 $\epsilon_o = 4.22$ である。また、実線(ハ)において、結合線路では、偶モードの実効誘電率 ϵ_e 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、それぞれ等しく $\epsilon_e = \epsilon_o = 3.04$ であり、伝送線路では、線路長 L_3 は、 $L_3 = 0.28\text{mm}$ である。

【0026】図3(a)(b)から、結合線路の位相速度に差がある場合(ロ)の振幅、位相の変化と、伝送線路を挿入した場合(ハ)の振幅、位相の変化とは、結合線路の位相速度に差がない場合(イ)を中心としてほぼ対称となっていることがわかる。従って、結合線路の偶モードの特性インピーダンスや損失は従来と同様であるが、直交モードの位相速度に差があることに基づき生ずるマーチャンド balan の位相、振幅のずれを、適宜線路長 L_3 の第1の伝送線路3を挿入する、簡易な構成によって補正することができる。

【0027】以上のことから、この第1実施形態の balan 回路は、第1の結合線路1の下層配線の第1端子Bと第2の結合線路2の下層配線の第1端子A'との間を任意線路長 L_3 の第1の伝送線路3で接続した構成によって、従来例(図23)と同様に、端子1から信号を入力すると、端子2及び端子3には等振幅で、位相が180度異なる信号が出力されるマーチャンド balan として機能することがわかる。

【0028】以下、第1実施形態の balan 回路(マーチャンド balan)の動作を図4～図6を参照して説明する。図4は、図1、図2に示す構成のマーチャンド balan の1/4波長の長さを持つ第1の結合線路1と第2の結合線路2を接続する第1の伝送線路3の線路長さ L_3 を変えたときの balan の帯域との関係を示したものである(計算値)。なお、 balan の動作中心周波数20GHz帯での例を示した。

【0029】ここで、 balan の動作帯域は、信号合成分配回路が baluns 型周波数変換器等に用いられる場合を想定し、位相差10度以内、振幅差1dB以内という条件に加えて各端子の出力信号の3dB帯域を満たす周波数領域としている。これは、S.A.Maasがその著書Microwave Mixers Second Edition, Artech House, INC., 1993で報告していることを参考にしたものである。挿入した第1の伝送線路3のパラメータは、特性インピーダンス Z_o が、 $Z_o = 60\Omega$ 、実効誘電率 ϵ_{eff} が、 $\epsilon_{\text{eff}} = 3.3$ である。

【0030】図4において、従来例(図23)での比帯域は、○印の狭い範囲であるが、結合線路を接続する伝

送線路を導入する請求項1に係る本発明の構成では、枠で囲って示すように、バランの比帯域を1.8倍以上に拡大することができる。図5は、挿入した伝送線路の線路長 L_3 を一定値($L_3=0.3\text{mm}$)とした場合の位相差及び振幅差の周波数特性図である。なお、位相速度は、偶モードの位相速度>奇モードの位相速度の関係である。

【0031】図5において、太い実線が、線路長 L_3 ($L_3=0.3\text{mm}$)の伝送線路のある第1実施形態のバランの特性であり、細い実線が伝送線路のない従来構成のバランの特性である。図5に示すように、結合線路を接続する伝送線路を挿入することによってバランの出力信号の振幅及び位相のずれが小さくなっていることがわかる。

【0032】つまり、図1、図2に示すように、 $1/4$ 波長の2つの結合線路間に伝送線路を挿入する簡易な構成によって、バランの出力信号の振幅及び位相のずれを小さくし、動作帯域を拡大することができる。図6は、マーチャンドバランを構成する結合線路の線路長(L_1)を変えたときのバランの動作帯域を示したものである(計算値)。図6において、縦軸は 20GHz での結合線路の $1/4$ 波長の長さ($L_{10}=1.987\text{mm}$)で規格化した結合線路の線路長(L_1/L_{10})である。横軸は周波数(GHz)である。また、○印と直線で結ばれた周波数範囲は、バランの動作帯域を示し、途中の●印は結合線路の中心周波数(Center frequency of coupler)を示している。

【0033】図6に示すように、動作周波数の上限は、結合線路の中心周波数の上昇とともに高くなるが、動作周波数の下限については微増するのみである。つまり、結合線路の中心周波数を高く(線路長を短く)しても、バランの動作周波数の下限をほとんど変えずに上限のみを高くすることができるので、広帯域化が容易に実現でき、また結合線路長を短くできるので、回路の小型化が容易に実現できる。

【0034】この第1実施形態では、半導体基板上に接地導体を形成し、その上に誘電体膜を2層形成し、その膜上に回路を形成する多層/3次元MMICの構造について示したが、半導体基板裏面に接地導体を形成するマイクロストリップ型MMICの構成でも同様の効果が得られる。また、結合線路や伝送線路は一層の小型化のためメアンダ状やスパイラル状に折り曲げて形成しても同様の効果が得られる。

【0035】(第2実施形態)図7は、本発明の請求項1、6に対応する実施形態のマーチャンドバランの構成を示す斜視図である。等価回路は、図2である。この第2実施形態は、コプレーナ線路で構成したマーチャンドバランに関する。なお、図7において、端子1、2、3、A~D及びA'~D'の符号は、図2の対応した位置を示している。また、これらの符号は、従来例(図2

3)で使用したものと対応している。

【0036】図7に示すように、半導体基板11の上面には、第1の結合線路1の2つの伝送線路及び第2の結合線路2の2つの伝送線路が、それぞれ並列に配置され、それぞれの2つの伝送線路の一方が、若干幅広の第1の伝送線路3で接続される。また、半導体基板11の上面には、接地導体10が形成されている。したがって、第1実施形態と同様にバランの出力信号の振幅及び位相のずれを小さくし、帯域を拡大することができる。また、結合線路長を所望の中心周波数よりも高い周波数帯の $1/4$ 波長としても、バランの周波数帯域の劣化はないので、結合線路長を短くできる分回路の小型化が実現できる。

【0037】この第2実施形態では、結合線路や伝送線路は直線状に形成してあるが、一層の小型化のためメアンダ状やスパイラル状に折り曲げて形成しても同様である。

(第3実施形態)図8、図9は、本発明の請求項2、5、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの構成を示す図である。図8は斜視図、図9は等価回路図である。この第3実施形態は、3次元MMIC構造のマーチャンドバランに関する。なお、両図において、端子1、2、3、A~D及びB'~D'の符号は、対応した位置を示している。また、これらの符号は、従来例(図23)で使用したものと対応している。但し、図8の符号Bは、従来例での符号BとA'に対応している。

【0038】図8、図9において、半導体基板11上には接地導体10が積層されるとともに、接地導体10の一部を削除して露出した半導体基板11上に第1の容量4が形成される。この第1の容量4の一端は、接地導体10に接続されている。この接地導体10上に第1の誘電体膜12が積層される。この第1の誘電体膜12の上面には、第1の結合線路1の下層配線と、第2の結合線路2の下層配線とがそれぞれ形成される。第1の結合線路1及び第2の結合線路の線路長は、それぞれ $1/4$ 波長である。

【0039】第1の結合線路1の下層配線は、図中左方の一端が通過端子Aであり、他端が第1端子Bである。通過端子Aは、信号入力端子1に接続される。また、第2の結合線路2の下層配線は、図中右方の一端が通過端子B'であり、他端が第1端子Bである。第1の結合線路1の下層配線の他端(第1端子)と第2の結合線路2の下層配線の他端(第1端子)との接続部Bは、スルーホール14を介して第1の容量4の他端に接続される。

【0040】つまり、この第3実施形態では、第1の結合線路1の下層配線の他端(第1端子)と第2の結合線路2の下層配線の他端(第1端子)との接続部Bを第1の容量4を介して接地する構成としてある。このような結合線路の下層配線が形成された第1の誘電体膜12上に第2の誘電体膜13が積層される。この誘電体膜13

の上面には、第1の結合線路1の上層配線及び第2の結合線路2の上層配線がそれぞれ形成される。第1の結合線路1の上層配線は、一端が接地されるアイソレーション端子Cであり、他端が結合端子Dである。結合端子Dには、信号出力の端子2が接続される。また、第2の結合線路2の上層配線は、一端が接地されるアイソレーション端子D'であり、他端が結合端子C'である。結合端子C'には、信号出力の端子3が接続される。

【0041】図10は、請求項2に記載の発明(結合線路と接地導体との間に容量を形成したバラン回路)に対応する第3、第4実施形態の基本動作の説明図である。図10(a)は振幅特性図(計算値)、図10(b)は位相特性図(計算値)である。図10(a)(b)において、実線(イ)は、マーチャンドバランを構成する第1及び第2の結合線路の直交モードの位相速度に差がない場合、実線(ロ)は、結合線路の直交モードの位相速度に差がある場合、実線(ハ)は結合線路の接続部と接地導体との間に容量を形成した場合の特性曲線を示す。なお、結合線路及び形成した容量のパラメータは次の通りである。

【0042】実線(イ)(ロ)(ハ)において、結合線路では、偶モードの特性インピーダンス Z_e は、 $Z_e = 121\Omega$ 、奇モードの特性インピーダンス Z_o は、 $Z_o = 21\Omega$ 、線路長 L_1 は、 $L_1 = 1.987\text{mm}$ である。これらは、第1実施形態の場合と同様である。また、実線(イ)において、結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、それぞれ等しく $\epsilon_e = \epsilon_o = 3.04$ である。また、実線(ロ)において、結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e は、 $\epsilon_e = 3.04$ 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、 $\epsilon_o = 4.22$ である。また、実線(ハ)において、結合線路では、偶モードの実効誘電率 ϵ_e 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、それぞれ等しく $\epsilon_e = \epsilon_o = 3.04$ であり、形成した容量の値Cは、 $C = 0.03\text{pF}$ である。

【0043】図10(a)(b)から、結合線路の位相速度に差がある場合(ロ)の振幅、位相の変化と、容量を形成した場合(ハ)の振幅、位相の変化は、結合線路の位相速度に差がない場合(イ)を中心としてほぼ対称となっていることがわかる。従って、結合線路の偶モードの特性インピーダンスや損失は従来と同様であるが、直交モードの位相速度に差があることに基づき生ずるマーチャンドバランの位相、振幅のずれを、結合線路の接続部と接地導体との間に容量を形成する、簡易な構成によって補正することができる。

【0044】以上のことから、この第3実施形態のバラン回路は、第1の結合線路1の下層配線の第1端子と第2の結合線路2の下層配線の第1端子との接続部Bを第1の容量4を介して接地した構成によって、第1実施形態と同様に、端子1から信号を入力すると、端子2及び端子3には等振幅で、位相が180度異なる信号が出力

されるマーチャンドバランとして機能することがわかる。

【0045】以下、第3実施形態のバラン回路(マーチャンドバラン)の動作を図11、図12を参照して説明する。図11は、図8、図9に示す構成のマーチャンドバランの容量C(pF)を変えたときのバランの帯域との関係を示したものである(計算値)。なお、バランの動作中心周波数は、20GHzである。

【0046】図11において、従来例(図23)での比帯域は、○印の狭い範囲であるが、結合線路の接続部を容量を介して接地する請求項2に係る本発明の構成では、枠で囲って示すように、バランの比帯域を1.8倍以上に拡大することができる。図12は、挿入した容量値Cを一定値($C = 0.03\text{pF}$)とした場合の位相差及び振幅差の周波数特性図である。位相速度は、偶モードの位相速度>奇モードの位相速度の関係にある。太い実線が、容量を備える第3実施形態のバランの特性であり、細い実線が容量のない従来構成のバランの特性である。図12に示すように、容量を挿入することによってバランのバランス特性を改善できることがわかる。

【0047】つまり、図8、図9に示すように、1/4波長の2つの結合線路の接続部と接地導体との間に容量を挿入する簡易な構成によって、バランの出力信号の振幅及び位相のずれを小さくし、動作帯域を拡大することができる。また、結合線路長を1/4波長よりも短い値(バランの中心周波数を所望の値よりも高く設定)としても、バランの周波数帯域が狭くなったり、出力信号の振幅及び位相のずれが大きくなることはないので、結合線路長を短くできる分回路の小型化が実現できる。

【0048】この第3実施形態では、半導体基板上に接地導体を形成し、その上に誘電体膜を2層形成し、その膜上に回路を形成する多層/3次元MMICの構造について示したが、半導体基板裏面に接地導体を形成するマイクロストリップ型MMICの構成でも同様の効果が得られる。また、結合線路は一層の小型化のためにメアンダ状やスパイラル状に折り曲げて形成しても同様の効果が得られる。

【0049】(第4実施形態)図13は、本発明の請求項2、6に対応する実施形態のマーチャンドバランの構成を示す斜視図である。等価回路は、図9である。この第4実施形態はコプレーナ線路で構成したマーチャンドバランに関する。なお、図11において端子1、2、3、A~D及びB'~D'の符号は、図9の対応した位置を示している。

【0050】図13に示すように、半導体基板11の上面には、第1の結合線路1の2つの伝送線路及び第2の結合線路2の2つの伝送線路が、それぞれ並列に配置され、また第1の容量4、接地導体10がそれぞれ形成され、2つの結合線路それぞれの2つの伝送線路の一方の伝送線路の接続部Bが、第1の容量4を介して接地導体

10に接続される。

【0051】したがって、第3実施形態と同様にバランの出力信号の振幅及び位相のずれを小さくし、帯域を拡大することができる。また、結合線路長を $1/4$ 波長よりも短い値(バランの中心周波数を所望の値よりも高く設定)としても、バランの周波数帯域やバランス特性の劣化はないので、結合線路長を短くできる分回路の小型化が実現できる。

【0052】この第4実施形態では、結合線路は直線状に形成してあるが、一層の小型化のためにメアンダ状やスパイラル状に折り曲げて形成しても同様である。

(第5実施形態)図14、図15は、本発明の請求項3、5、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの構成を示す図である。図14は斜視図、図15は等価回路図である。この第5実施形態は、3次元MMIC構造のマーチャンドバランに関する。なお、両図において、端子1、2、3、A~G及びB'~G'の符号は対応した位置を示している。

【0053】図14、図15において、半導体基板11上には接地導体10が積層され、接地導体10上には第1の誘電体膜12が積層される。この誘電体膜12の上面には、図中左から右に向かって、第1の結合線路31の下層配線、第3の結合線路33の下層配線、第2の結合線路32の下層配線、第4の結合線路34の下層配線が、それぞれ形成される。そして、端子1が第1の結合線路31の下層配線の通過端子Aに接続される。

【0054】符号Bは、第1の結合線路31の下層配線と第3の結合線路33の下層配線との接続部を示し、符号B'は、第2の結合線路32の下層配線と第4の結合線路34の下層配線との接続部を示す。また、符号Fは、第3の結合線路33の下層配線と第2の結合線路32の下層配線との接続部を示す。ここに、第1の結合線路31の線路長 L_{11} と第3の結合線路33の線路長 L_{12} とを加えた線路長 $(L_{11}+L_{12})$ 、及び、第2の結合線路32の線路長 L_{21} と第4の結合線路34の線路長 L_{22} とを加えた線路長 $(L_{21}+L_{22})$ は、それぞれ、 $1/4$ 波長である。つまり、接続部Fは、図20における接続部B、A'に対応している。

【0055】このような結合線路の下層配線が形成された誘電体膜12上に第2の誘電体膜13が積層される。この第2の誘電体膜13の上面には、図中左から右に向かって、第1の結合線路31の上層配線、線路長 L_{31} の第1の伝送線路35、第3の結合線路33の上層配線、第2の結合線路32の上層配線、線路長 L_{31} の第2の伝送線路36、第4の結合線路34の上層配線が、それぞれ形成される。そして、第3の結合線路33の上層配線の結合端子Gは、端子2に接続され、第2の結合線路32の上層配線の結合端子C'は、端子3に接続される。また第1の結合線路31の上層配線のアイソレーション端子C及び第4の結合線路34の上層配線のアイソレー

ション端子G'は、それぞれ接地される。

【0056】符号Dは、第1の結合線路31の上層配線と第1の伝送線路35との接続部を示し、符号Eは、第3の結合線路33の上層配線と第1の伝送線路35との接続部を示す。また、符号D'は、第2の結合線路32の上層配線と第2の伝送線路36との接続部を示し、符号E'は、第4の結合線路34の上層配線と第2の伝送線路36との接続部を示す。

【0057】要するに、この第5実施形態のバラン回路は、結合線路の結合端子(G、C')とアイソレーション端子(C、G')のある方の伝送線路の一部に結合線路を構成しない伝送線路(第1の伝送線路35、第2の伝送線路35)を挿入したものである。図16は、請求項3に記載の発明(結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある方の伝送線路の一部に結合線路を構成しない伝送線路を挿入したバラン回路)に対応する第5、第6実施形態の基本動作の説明図である。図16(a)は振幅特性図(計算値)、図16(b)は位相特性図(計算値)である。

【0058】図16(a)(b)において、実線(イ)は、マーチャンドバランを構成する第1~第4の結合線路の直交モードの位相速度に差がない場合、実線(ロ)は、結合線路の直交モードの位相速度に差がある場合、実線(ハ)は結合線路の接続部に伝送線路を挿入した場合の特性曲線を示す。なお、結合線路のパラメータは次の通りである。

【0059】実線(イ)(ロ)(ハ)において結合線路の偶モードの特性インピーダンス Z_e は、 $Z_e=121\Omega$ 、奇モードの特性インピーダンス Z_o は、 $Z_o=21\Omega$ 、線路長 L_1 は、 $L_1=1.987\text{mm}$ である。また、実線(イ)において結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、それぞれ等しく $\epsilon_e=\epsilon_o=3.04$ である。

【0060】また、実線(ロ)において、結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e は、 $\epsilon_e=4.22$ 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、 $\epsilon_o=3.04$ である。また、実線(ハ)において結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、それぞれ等しく、 $\epsilon_e=\epsilon_o=3.04$ であり、挿入する伝送線路の線路長 L_{31} は、 $L_{31}=0.33\text{mm}$ である。

【0061】図16(a)(b)から、結合線路の位相速度に差がある場合(ロ)の振幅、位相の変化と、伝送線路を挿入した場合(ハ)の振幅、位相の変化は、結合線路の位相速度に差がない場合(イ)を中心としてほぼ対称となっていることがわかる。従って、結合線路の偶モードの特性インピーダンスや損失は従来と同様であるが、直交モードの位相速度に差があることに基づき生ずるマーチャンドバランの位相、振幅のずれを、結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある方の伝送線路の一部に結合線路を構成しない伝送線路を挿入する、簡

易な構成によって補正することができる。

【0062】以上のことから、この第5実施形態のバラン回路は、結合線路の結合端子(G、C')とアイソレーション端子(C、G')のある伝送線路の一部に結合線路を構成しない伝送線路を挿入した構成によって、第1実施形態と同様に、端子1から信号を入力すると、端子2及び端子3には同振幅で、位相が180度異なる信号が出力されるマーチャンドバランとして機能することがわかる。

【0063】以下、第5実施形態のバラン回路(マーチャンドバラン)の動作を図17を参照して説明する。図17は、挿入した伝送線路の線路長 L_{31} を $L_{31}=0.33\text{mm}$ 、結合線路の線路長を $0.75\times(1/4\text{波長})$ としたときの位相差及び振幅差の周波数特性を示している。太い実線が、第5実施形態のバランの特性であり、細い実線が、従来の構成のバランの特性である。

【0064】位相速度は、偶モードの位相速度<奇モードの位相速度の関係であるが、図17に示すように、バランの出力信号の振幅及び位相のずれを小さくすることができる。また、結合線路長が短くなる分回路も小型化できる。従って、この第5実施形態の構成において、結合線路の結合端子とアイソレーション端子を持つ方の伝送線路の一部に結合線路を構成しない伝送線路を挿入することによってバランの出力信号の振幅及び位相のずれを小さくし、かつ帯域を拡大することができる。

【0065】また、結合線路の線路長を $1/4$ 波長よりも短い値(バランの中心周波数を所望の値よりも高く設定)とすることによってバラン回路の一層の小型化が実現できる。この第5実施形態では、半導体基板上に接地導体を形成し、その上に誘電体膜を2層形成し、その膜上にバラン回路を形成する多層/3次元MMICの構造について示したが、半導体基板裏面に接地導体を形成するマイクロストリップ型MMICの構成でも同様の効果がある。また、結合線路は一層の小型化のためにメアンダ状やスパイラル状に折り曲げて形成しても同様の効果がある。

【0066】(第6実施形態)図18は、本発明の請求項3、6に対応する実施形態のマーチャンドバランの構成を示す図である。図18は、斜視図である。等価回路は、図15である。この第6実施形態は、コプレーナ線路で構成したマーチャンドバランに関する。なお、図18において端子1、2、3、A~G及びB'~G'の符号は、図15の対応した位置を示している。

【0067】図18に示すように、半導体基板11の上面上には、第1の結合線路31の2つの伝送線路、第3の結合線路33の2つの伝送線路、第2の結合線路32の2つの伝送線路、第4の結合線路34の2つの伝送線路が、それぞれ並列に配置されると共に、第1の結合線路31の2つの伝送線路の一方の伝送線路と、第3の結合線路33の2つの伝送線路の一方の伝送線路との間に第

1の伝送線路35が、また第2の結合線路32の2つの伝送線路の一方の伝送線路と、第4の結合線路34の2つの伝送線路の一方の伝送線路との間に第2の伝送線路36が、それぞれエアブリッジ39によって形成され、接地導体10も形成されている。

【0068】したがって、第5実施形態と同様にバランの出力信号の振幅及び位相のずれを小さくし、帯域を拡大することができる。また、同様に、結合線路の線路長を $1/4$ 波長よりも短い値(バランの中心周波数を所望の値よりも高く設定)とすることによってバラン回路の一層の小型化が実現できる。この第6実施形態では、結合線路や伝送線路は直線状に形成してあるが、一層の小型化のためメアンダ状やスパイラル状に折り曲げて形成しても同様である。

【0069】(第7実施形態)図19は、本発明の請求項4、5、6、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの構成を示す等価回路図である。この第7実施形態のマーチャンドバランは、第5実施形態及び第6実施形態の等価回路(図15)において、第1の伝送線路35に変えて第1のインダクタ40を挿入し、第2の伝送線路36に変えて第2のインダクタ41を挿入したものである。その他は、図15と同様である。

【0070】図20は、請求項4に記載の発明(結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある方の伝送線路の一部にインダクタを挿入したバラン回路)に対応する第7実施形態の基本動作の説明図である。図20(a)は振幅特性図(計算値)、図20(b)は位相特性図(計算値)である。図20(a)(b)において、実線(イ)は、マーチャンドバランを構成する第1~第4の結合線路の直交モードの位相速度に差がない場合、実線(ロ)は、結合線路の直交モードの位相速度に差がある場合、実線(ハ)は結合線路の接続部に伝送線路を挿入した場合の特性曲線を示す。なお、結合線路のパラメータは次の通りである。

【0071】実線(イ)(ロ)(ハ)において、結合線路の偶モードの特性インピーダンス Z_e は、 $Z_e=121\Omega$ 、奇モードの特性インピーダンス Z_o は、 $Z_o=21\Omega$ 、線路長 L_1 は、 $L_1=1.987\text{mm}$ である。

【0072】また、実線(イ)において結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、それぞれ等しく、 $\epsilon_e=\epsilon_o=3.04$ である。また、実線(ロ)において、結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e は、 $\epsilon_e=4.22$ 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、 $\epsilon_o=3.04$ である。また、実線(ハ)において、結合線路の偶モードの実効誘電率 ϵ_e 、奇モードの実効誘電率 ϵ_o は、それぞれ等しく、 $\epsilon_e=\epsilon_o=3.04$ であり、挿入するインダクタのインダクタンス値 L は $L=0.11\text{nH}$ である。

【0073】図20(a)(b)から、結合線路の位相速度に差がある場合(ロ)の振幅、位相の変化と、イン

ダクタを挿入した場合(ハ)の振幅、位相の変化は、結合線路の位相速度に差がない場合(イ)を中心としてほぼ対称となっていることがわかる。従って、接合線路の偶モードの特性インピーダンスや損失は従来と同様であるが、直交モードの位相速度に差があることに基づき生ずるマーチャンドバランの位相、振幅のずれを、結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある方の伝送線路の一部にインダクタを挿入する、簡易な構成によって補正することができる。

【0074】以上のことから、この第7実施形態のバラン回路は、結合線路の結合端子(G、C')とアイソレーション端子(C、G')のある方の伝送線路の一部にインダクタを挿入した構成によって、第1実施形態と同様に、端子1から信号を入力すると、端子2及び端子3には同振幅で、位相が180度異なる信号が出力されるマーチャンドバランとして機能することがわかる。

【0075】以下、第7実施形態のバラン回路(マーチャンドバラン)の動作を図21を参照して説明する。図21は、挿入したインダクタ(40、41)の値 L_{40} を $L_{40}=0.11\text{ nH}$ 、結合線路の線路長を $0.75\times(1/4\text{ 波長})$ としたときの位相差及び振幅差を示している。太い実線が、この第7実施形態の構成のときのバランの特性であり、細い実線が、従来の構成のバランの特性である。

【0076】図21は、位相速度が、偶モードの位相速度<奇モードの位相速度の関係にある場合のものであるが、バランの出力信号の振幅及び位相のずれが小さくなることがわかる。また、図21は、結合線路の線路長を $1/4$ 波長よりも短くした場合を示している。したがって、結合線路の結合端子とアイソレーション端子を持つ方の伝送線路の一部にインダクタを挿入する構成のバラン回路とすることによって、バランの出力信号の振幅及び位相のずれを小さくし、かつ帯域を拡大することができる。

【0077】さらに、結合線路の線路長を $1/4$ 波長よりも短い値(バランの中心周波数を所望の値よりも高く設定)とすることによってバラン回路の一層の小型化が実現できる。この第7実施形態では、等価回路のみを示したが、前述の3次元MMICやマイクロストリップ型MMICの構成、さらにはコプレーナ線路で構成しても同様の効果がある。また、結合線路は一層の小型化のためにメアンダ状やスパイラル状に折り曲げて形成しても同様の効果がある。

【0078】(第8実施形態)図22は、本発明の請求項8に対応する実施形態のバランス型周波数変換器の構成図である。即ち、この第8実施形態は、以上説明した7つの実施形態の何れか1つのマーチャンドバランを用いたバランス型周波数変換器に関する。図22において、このバランス型周波数変換器は、本発明の7つの実施形態の何れか1つのマーチャンドバラン20、2個の

周波数変換器21、ウィルキンソンディバイダ22を備える。マーチャンドバラン20は、LO入力端子に印加されるLO信号(局発信号)を2個の周波数変換器21の一方の入力端に互いに逆位相の関係で分配する。2個の周波数変換器21は、他方のIF入力端子に印加されるIF信号(中間周波帯信号)をマーチャンドバラン20からのLO信号に従って周波数変換し、ウィルキンソンディバイダ22に出力する。ウィルキンソンディバイダ22は、2個の周波数変換器21の出力を同位相で合成し、RF出力端子にRF信号(高周波帯信号)を出力する。

【0079】この第8実施形態のバランス型周波数変換器は、以上の構成によって、LO入力端子に印加されるLO信号が2つの周波数変換器に等振幅の逆位相で与えられるので、LO信号がRF出力端子に漏れて出力されるのが抑圧される。即ち、上記構成のバランス型周波数変換器は、3次元MMIC構造やマイクロストリップ型MMIC、コプレーナ型MMICで実現できるが、本発明の実施形態に係るマーチャンドバランを用いることによって、LO信号の漏れを大幅に抑圧することができ、かつ回路を小型化、広帯域化することができる。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のバラン回路は、GaAsやSiなどの半導体基板上に実現されるマーチャンドバランにおいて、結合線路の接続部に伝送線路を挿入する、接続部と接地導体との間に容量を挿入する、さらに結合線路の結合端子とアイソレーション端子を持つ方の伝送線路の一部に結合線路を構成しない伝送線路やインダクタを挿入する構成であるので、偶モードの特性インピーダンスや損失は、従来と同様であるが、出力信号の振幅差及び位相差を小さくできる。

【0081】また、挿入する伝送線路や容量によって、バランの出力端子間の位相差を補正することができるので、位相バランスを広帯域にわたって保つことができる。さらに、従来の改良されたマーチャンドバランのように、結合線路のインタデジタル化やMMIC基板の厚さを増加させることが不要となるので、小型化が可能である。したがって、本発明に係るバラン回路を180度信号分配回路として用いるバランス型周波数変換器では、局発信号が高周波出力端に漏れ出すのを抑圧できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の請求項1、5、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの回路構成図(斜視図)である。

【図2】本発明の請求項1、5、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの等価回路図である。

【図3】結合線路を伝送線路を用いて接続した場合の基本動作の説明図である。(a)は振幅特性図(計算値)、(b)位相特性図(計算値)である。

【図4】第1の伝送線路の線路長と比帯域との関係図で

ある。

【図5】第1の伝送線路の線路長を一定値とした場合の振幅差・位相差の周波数特性図である。

【図6】マーチャンドバランを構成する結合線路の線路長に対する動作帯域の関係図(計算値)である。

【図7】本発明の請求項1、6に対応する実施形態のマーチャンドバラン(コプレーナ線路型)の構成を示す斜視図である。

【図8】本発明の請求項2、5、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの回路構成図(斜視図)である。

【図9】本発明の請求項2、5、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの等価回路図である。

【図10】結合線路の接続部と接地導体の間に容量を形成した場合の基本動作の説明図である。(a)は振幅特性図(計算値)、(b)位相特性図(計算値)である。

【図11】容量値と比帯域との関係図である。

【図12】容量値を一定値とした場合の振幅・位相の周波数特性図である。

【図13】本発明の請求項2、6に対応する実施形態のマーチャンドバラン(コプレーナ線路型)の回路構成図(斜視図)である。

【図14】本発明の請求項3、5、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの回路構成図(斜視図)である。

【図15】本発明の請求項3、5、7に対応する実施形態のマーチャンドバランの等価回路図である。

【図16】結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある伝送線路の一部に結合線路を構成しない伝送線路を挿入した場合の基本動作の説明図である。(a)は振幅特性図(計算値)、(b)は位相特性図(計算値)である。

【図17】挿入した伝送線路及び結合線路の線路長を一定とした場合の振幅差・位相差の周波数特性図である。

【図18】本発明の請求項3、6に対応する実施形態のマーチャンドバラン(コプレーナ線路型)の構成を示す斜視図である。

【図19】本発明の請求項4、5、6、7に対応する第7実施形態のマーチャンドバランの構成を示す等価回路図である。

【図20】結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある伝送線路の一部にインダクタを挿入した場合の基本動作の説明図である。(a)は振幅特性図(計算値)、(b)位相特性図(計算値)である。

【図21】挿入したインダクタ及び結合線路の線路長を一定とした場合の振幅差・位相差の周波数特性図である。

【図22】本発明の請求項8に対応する実施形態のバランス型周波数変換器の構成図である。

【図23】従来のマーチャンドバランの等価回路図である。

【図24】従来のマーチャンドバランの1/2波長線路上の定在波の電圧・電流波形の模式図である。

【図25】従来のマーチャンドバランの振幅特性図である。

【図26】従来のマーチャンドバランの位相特性図である。

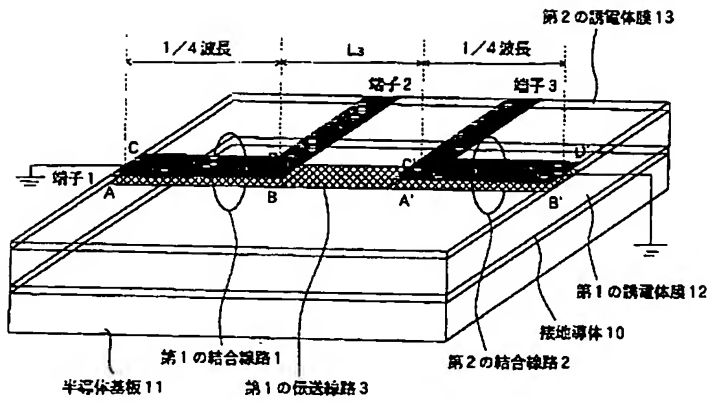
【図27】改良されたマーチャンドバランの等価回路図である。

【図28】改良されたマーチャンドバランの等価回路図である。

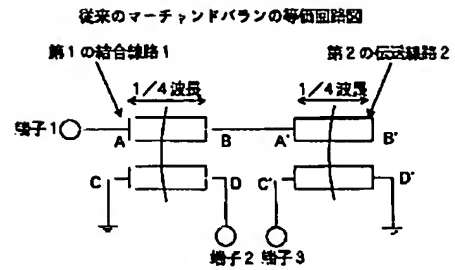
【符号の説明】

- 1 第1の結合線路
- 2 第2の結合線路
- 3 第1の伝送線路
- 4 第1の容量
- 5 第1の結合線路
- 6 第2の結合線路
- 7 第1の結合線路
- 8 第2の結合線路
- 10 接地導体
- 11 半導体基板
- 12 第1の誘電体膜
- 13 第2の誘電体膜
- 14 スルーホール
- 20 マーチャンドバラン
- 21 周波数変換器
- 22 ウィルキンソンディバイダ
- 31 第1の結合線路
- 32 第2の結合線路
- 33 第3の結合線路
- 34 第4の結合線路
- 35 第1の伝送線路
- 36 第2の伝送線路
- 39 エアブリッジ
- 40 第1のインダクタ
- 41 第2のインダクタ

【図1】

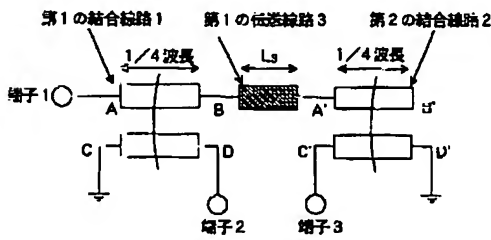


【図23】



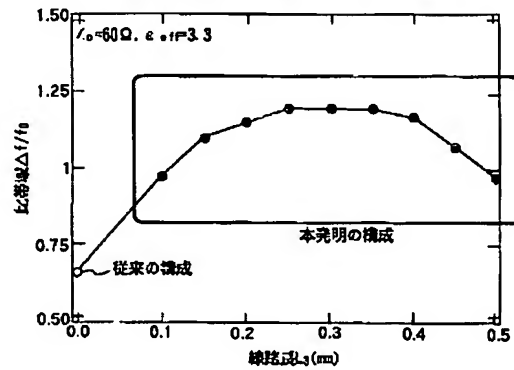
【図2】

本発明の請求項1、5、7に対応する実施形態の等価回路図

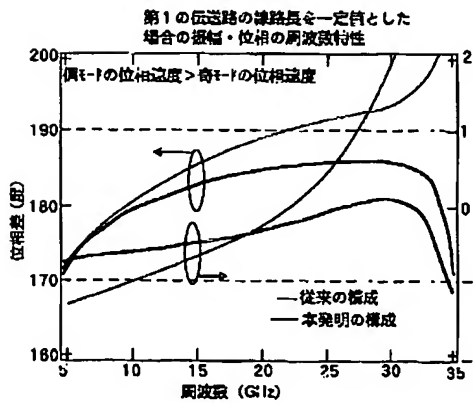


【図4】

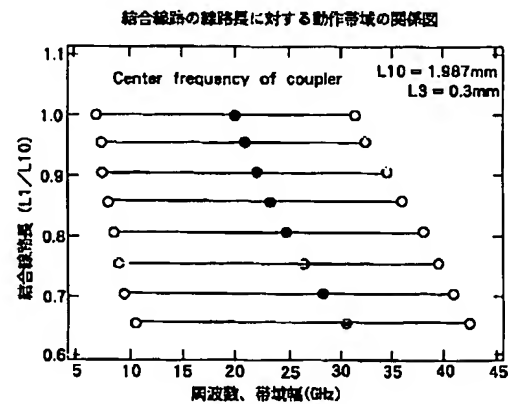
第1の伝送路の線路長と比帯域との関係図



【図5】

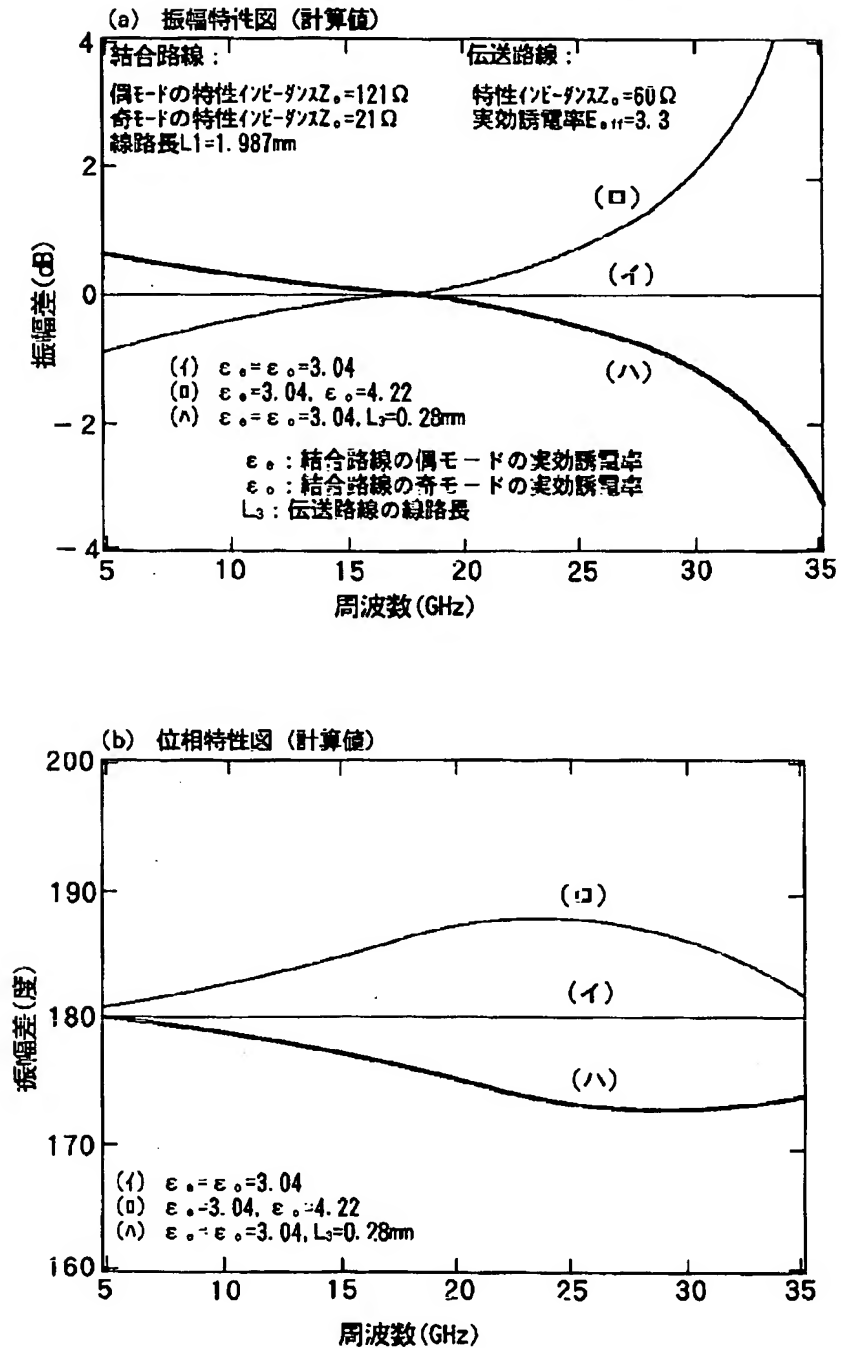


【図6】

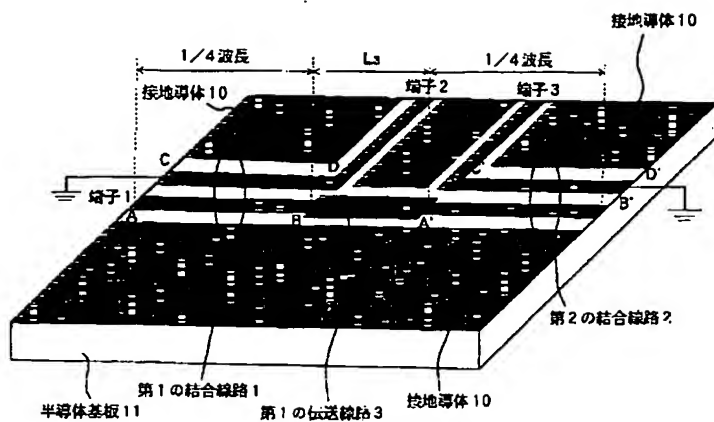


【図3】

結合線を伝送線路を用いて接続した場合の基本動作

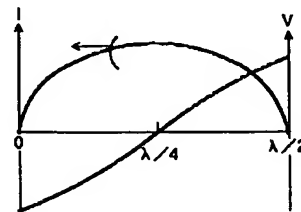


【図7】

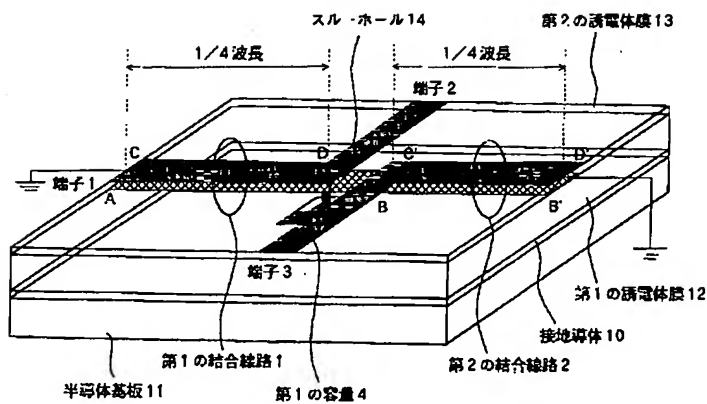


【図24】

1/2 波長線路上の定住波の電圧・電流波形の模式図

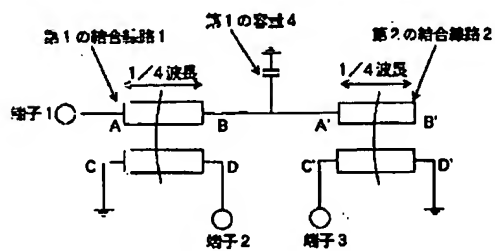


【図8】



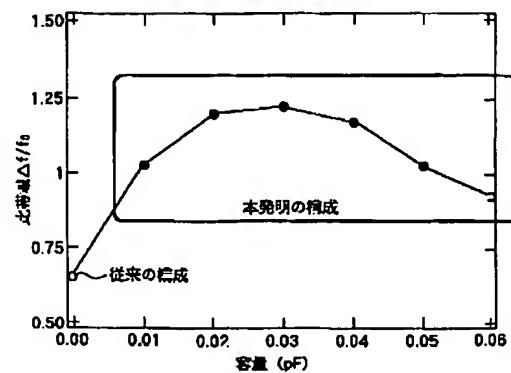
【图9】

本発明の請求項 2、5、7 に対する実施形態の等価回路図

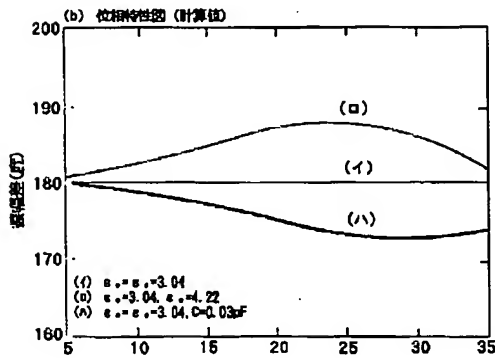
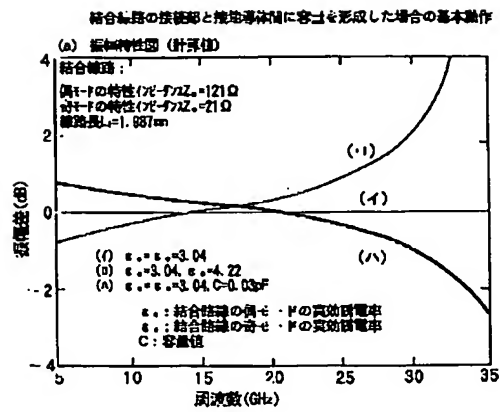


【图 1 1】

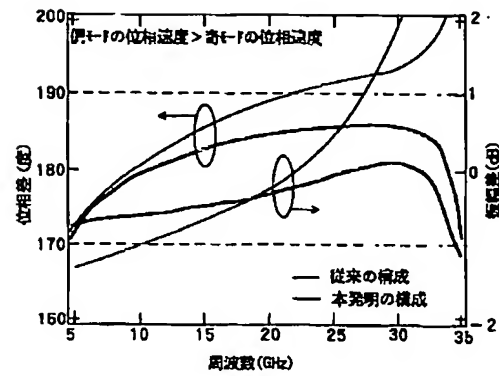
容量値と比帯域との関係図



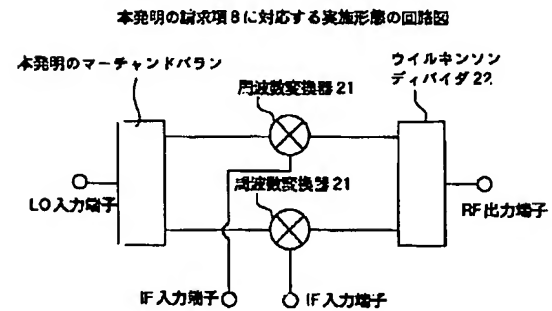
【図10】



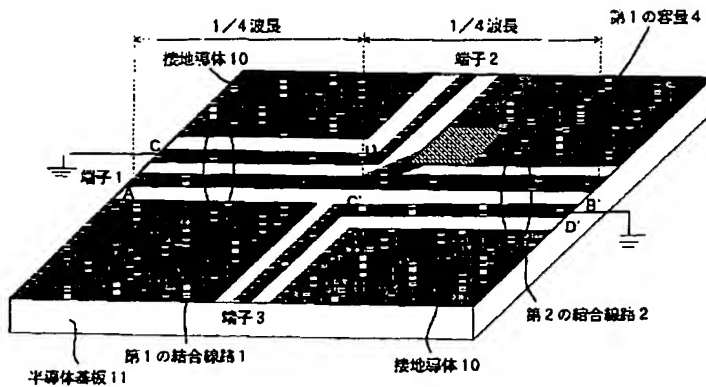
【図12】



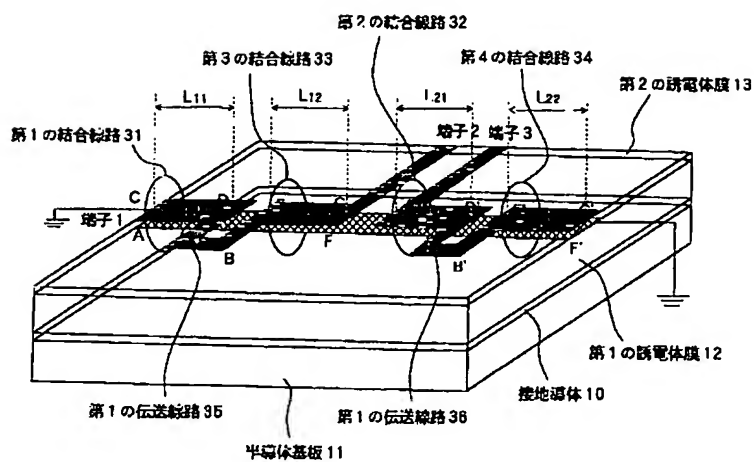
【図22】



【図13】

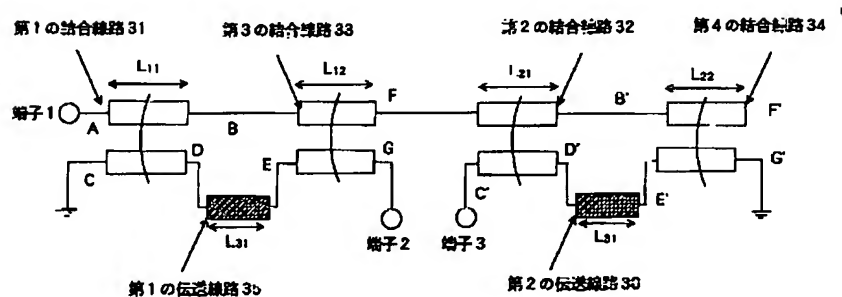


【图14】

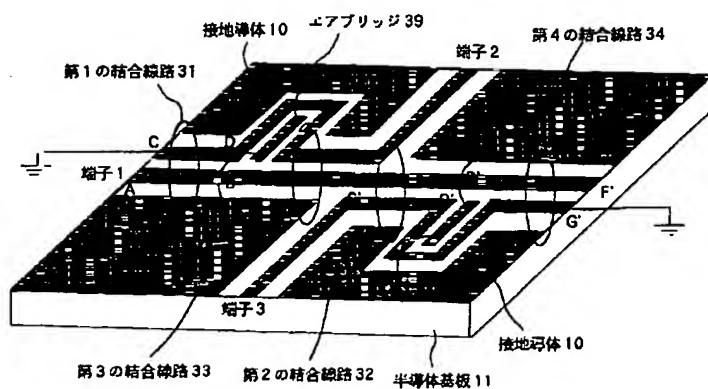


【图 15】

本発明の請求項 3、5、7 に対応する実施形態の等価回路図

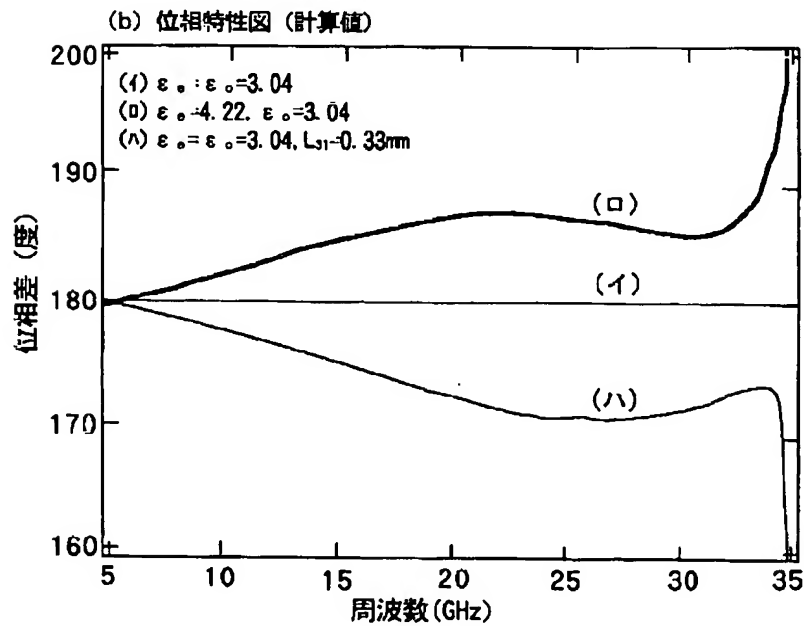
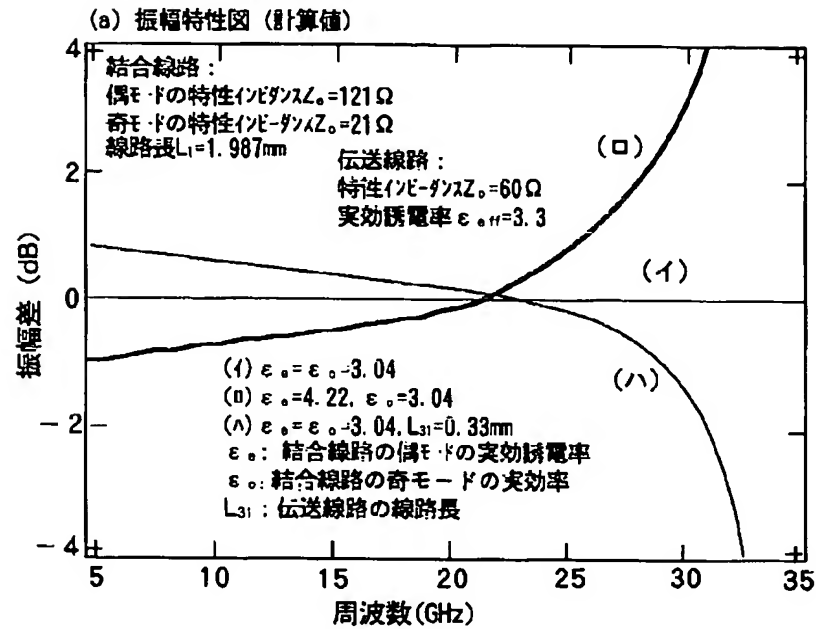


【図18】



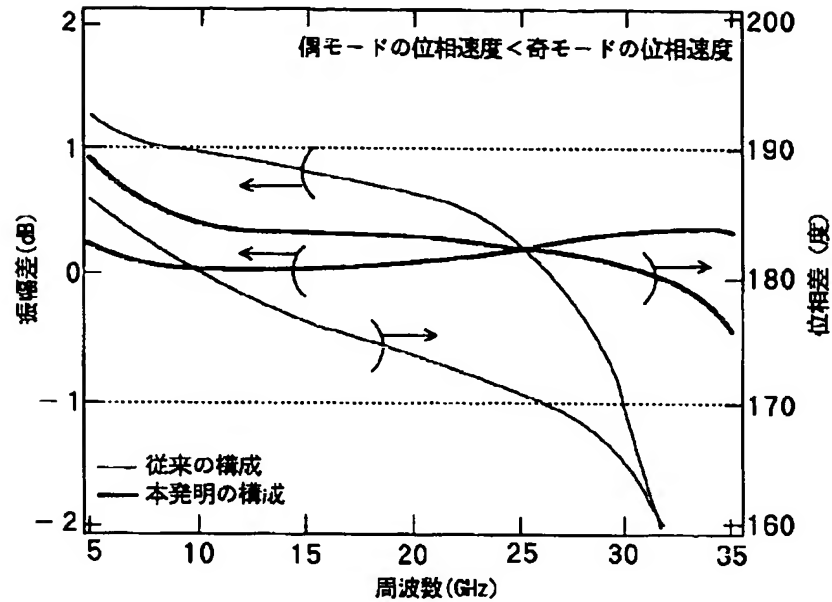
【図16】

結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある
伝送線路の一部に結合線路を構成しない伝送線路を
挿入した場合の基本動作



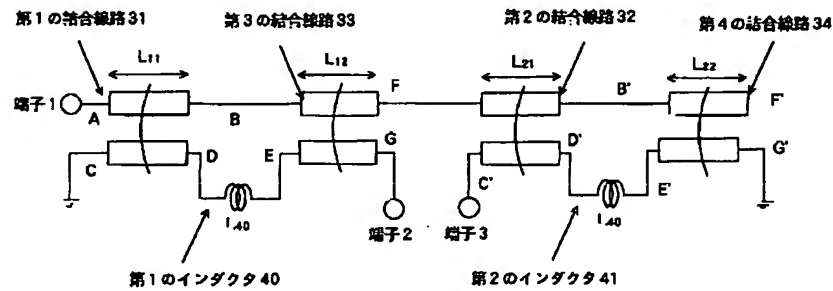
【図17】

挿入した伝送線路及び結合線路の線路長を一定
とした場合の振幅差・位相差の周波数特性図



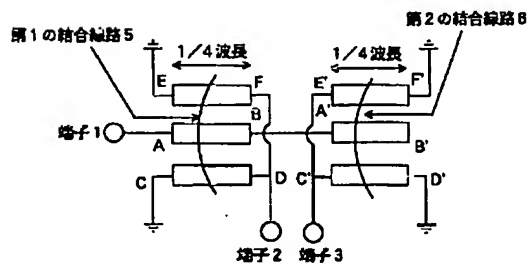
【図19】

本発明の請求項4、5、6、7に対応する実施形態の等価回路図



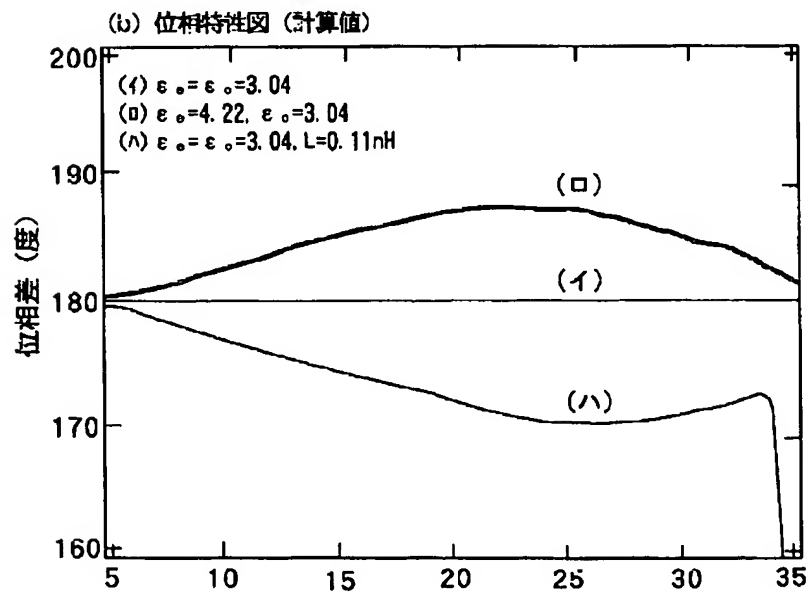
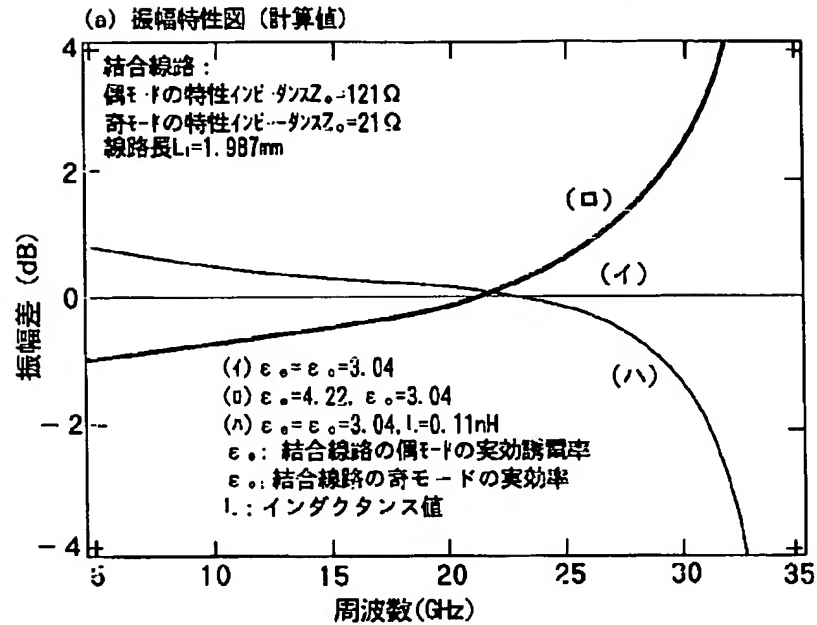
【図27】

改良されたマーチャンドバランの等価回路図

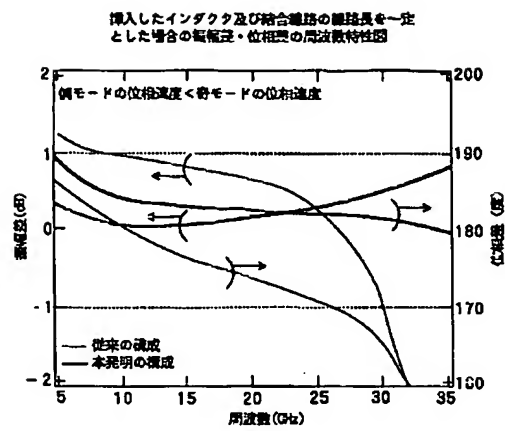


【図20】

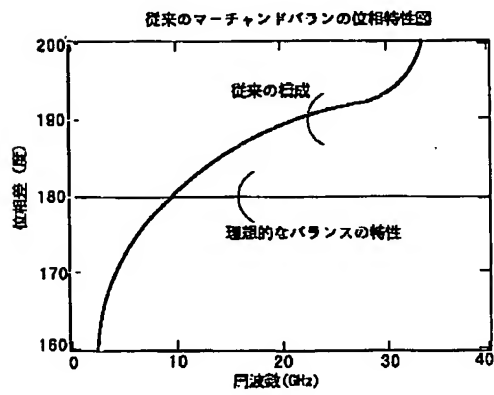
結合線路の結合端子とアイソレーション端子のある
伝送線路の一部にインダクタを挿入した場合の基本動作



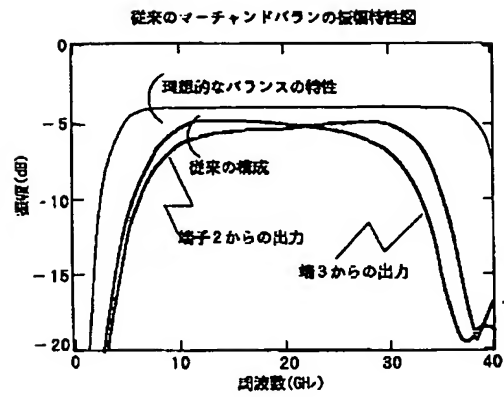
【図21】



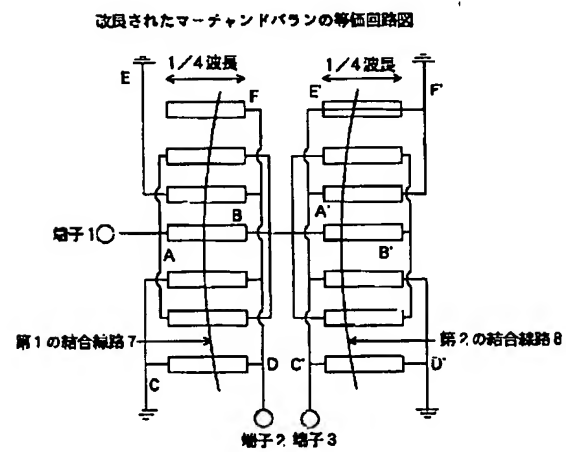
【図26】



【図25】



【図28】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.